This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXX.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

FÜNFTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ZEHNTER BAND.

NEBST ZEHN FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1867.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

der

PHYSIK

herausgegeben

von

G. WIEDEMANN

Band 65

der Reihe

LEIPZIG 1898

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

HUNDERT DREIZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE ZWEIHUNDERTUNDSECHSTER.

NEBST ZEHN FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1867.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

111575

Inhalt

des Bandes CXXX der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Beobachtungen über die Diffusion des Wasserdampfes durch trockne atmosphärische Luft und einige andere hygroskopische Erscheinungen; von C. G. Jungk 1

II. Beiträge zur Kenntnifs des Wolframs und seiner Verbindungen; von E. Zettnow 16

III. Ueber die Ausdehnung der Metalle und Legirungen durch die Wärme; von A. Matthiefsen 50

IV. Ueber das relative Volum der Verbindungen erster Ordnung; von P. Kremers 77

V. Zur Dioptrik der Linse; von Jacob Müller 100

VI. Die Darstellung des elektrischen Funkens in Glas mit besonderer Berücksichtigung der Elektrisirmaschine; von W. Holtz . . . 118

VII. Ueber die höhere Ladung isolirender Flächen durch Seitenanziehung und die Uebertragung dieses Princips auf die Construction von Influenzmaschinen; von Demselben 128

Seite

VIII. Das Fluorescenzspectrum des elektrischen Lichts; von J. Müller 137

IX. Das Verfahren mit dem Stauroskop; von A. Brezina . . . 141

X. Erwiderung auf Hrn. Schiff's Mittheilung über sogenannte übersättigte Salzlösungen; von F. Lindig 144

XI. Ueber die Zusammensetzung des Franklinits; von C. Rammelsberg 146

XII. Experimentelle und theoretische Untersuchung über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere; von J. Plateau (Sechste Reihe) 149

XIII. Die Gesammtvergrößerung des Mikroskops nach Nägeli und Schwender; von Dr. Arndt 159

XIV. Erwiderung auf eine Notiz des Hrn. Emsmann; von K. Akin 162

XV. Notiz über die kosmische Theorie der Feuermeteore; von G. v. Boguslawski 165

XVI. Nachtrag zu meinem Aufsatz: Ueber die höhere Ladung isolirender Flächen durch Seiten-Anziehung usw.; von W. Holtz 168

XVII. Ueber die Anwendung des Rheometers mit zwei Drähten bei Versuchen über strahlende Wärme; von P. Desains 171

XVIII. Notizen 175

(*Geschlossen am* 11. *Februar* 1867.)

Zweites Stück.

I. Ueber die Schallinterferenz einer Stimmgabel; von H. Kiefsling 177

II. Ueber den Einfluß der Vaporhäsion bei Versuchen über Absorption der Wärme; von G. Magnus 207

III. Ueber die Diffusion von Flüssigkeiten; von E. Voit 227

IV. Beiträge zur Kenntniß des Wolframs und seiner Verbindungen; von E. Zettnow (Schluß) 240

Seite

V. Experimentelle und theoretische Untersuchung über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere; von J. Plateau (Siebente Reihe) 264

VI. Beitrag zur Kenntniſs des Bleikammerprocesses; von Rudolph Weber 277

VII. Ueber Influenzmaschinen für hohe Dichtigkeit mit festen influencirenden Flächen; von W. Holtz 287

VIII. Bemerkungen zu der Abhandlung des Dr. v. Sommaruga über die Aequivalente des Nickels und Kobalts; von R. Schneider 303

IX. Ueber die Töne rotirender Stimmgabeln; von W. Beetz (Zweite Notiz) 313

X. Gang der qualitativen chemischen Analyse zur Auffindung der häufiger vorkommenden Stoffe ohne Anwendung von Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium; von E. Zeitnow 324

XI. Krystallsystem und optische Verhältnisse des ameisensauren Kadmiumoxyd-Baryts; von A. Brio 331

XII. Ueber die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete; von W. Siemens . . 332

XIII. Ueber die Anwendung mit Silber belegter Gläser als Blendgläser; von H. W. Dove. 335

(*Geschlossen am* 15. *März* 1867.)

Drittes Stück.

I. Ueber den Vertheilungs-Einfluſs des elektrischen Stroms auf die Masse seines eignen Leiters; von H. Buff 337

II. Ueber negative Fluorescenz und Phosphorescenz; von C. Bohn 367

Seite

III. Ueber die Diffusion von Flüssigkeiten; von E. Voit 393

IV. Ueber binoculares Sehen; von W. v. Bezold 424

V. Vorläufige Notiz über die Ableitung der Krystallgestalten aus den Grundstoffen mittelst der optischen Atomzahlen; von A. Schrauf 433

VI. Ueber die Theorie der Stromverzweigung bei der oscillatorischen Entladung und die »equivalente Länge« des Herrn Direktors Knochenhauer; von B. W. Feddersen 439

VII. Ueber die Instrumente und Methoden zur Bestimmung von Vertikal- und Horizontaldistanzen nach Stampfer; von G. v. Niefsl 457

VIII. Das November-Phänomen der Sternschnuppen in seinen einzelnen Erscheinungen von den ältesten Zeiten bis 1866; von G. v. Boguslawski 471

IX. Einige Beobachtungen an Glasthränen; von E. Reusch . . . 494

(*Geschlossen am* 12. *April* 1867.)

Viertes Stück.

I. Reflexion und Brechung des Lichts an sphärischen Flächen unter Voraussetzung endlicher Einfallswinkel; von E. Reusch . . . 497

II. Zur Construction und Leistung der Elektrophor- oder Influenzmaschine; von A. Töpler 518

III. Neue Methoden zur Bestimmung der Zusammensetzung organischer Verbindungen; von A. Mitscherlich 536

IV. Ueber den zweckmäfsigsten Widerstand des Galvanometers beim Messen von Widerständen mittelst einer Wheatstone'schen Brücke; von L. Schwendler 574

V. Ueber den Einfluss der Bewegung der Tonquelle auf die Tonhöhe; von W. Beetz 587

Seite

VI. Ueber die am Quarz vorkommenden sechs Gesetze regelmäfsiger Verwachsung mit gekreuzten Hauptaxen; von G. Jenzsch . . 597

VII. Ueber die elektrische Leitungsfähigkeit der Gase unter schwachen Drucken; von A. Morrem 612

VIII. Bemerkungen zu dem Aufsatz des Hrn. C. Bohn über das Stampfer'sche Instrument; von J. v. Kruspér 637

IX. Optische Untersuchung der Krystalle des unterschwefelsauren Baryts; von A. Brio 643

(*Geschlossen am* 16. *Mai* 1867.)

Nachweis zu den Figurentafeln.

Taf. I. — Jungk, Fig. 1, S. 2; Fig. 2, S. 5; Fig. 3, S. 11. — J. Müller, Fig. 4, S. 138; Fig. 5, S. 139. — Tyndall, Fig. 6 bis 10, kommen im nächsten Bande vor. — Morrem, Fig. 11, S. 612; Fig. 12, S. 633.

Taf. II. — Holtz, Fig. 1, S. 124; Fig. 2 und 3, S. 125; Fig. 4, S. 134; Fig. 5, S. 133; Fig. 6, S. 135.

Taf. III. — Kremers, Fig. 1 u. 2, S. 36; Fig. 3 u. 4, S. 90.

Taf. IV. — Kiefsling, Fig. 1, 2 u. 3, S. 184; Fig. 4 u. 5, S. 185; Fig. 6, S. 192; Fig. 7, S. 194; Fig. 8, S. 196 u. 200; Fig. 9 u. 10, S. 200; Fig. 11, S. 202; Fig. 12, S. 204.

Taf. V. — Voit, Fig. 1, S. 229 u. 230; Fig. 2, S. 233; Fig. 3, S. 236; Fig. 4, S. 238; Fig. 5, S. 237; Fig. 6, S. 238. — Kruspér, Fig. 7, S. 638; Fig. 8, S. 640; Fig. 9, S. 642. — G. v. Niefsl, Fig. 10, S. 459; Fig. 11, S. 460; Fig. 12, S. 462. — Buff, Fig. 13, S. 338. — W. v. Bezold, S. 14 u. 15, S. 429.

Taf. VI. — Holtz, Fig. 1, S. 296; Fig. 2, S 297; Fig. 3, S. 296 u. 299; Fig. 4, S. 288 u. 299; Fig. 5, S. 291; Fig. 6, S. 293; Fig. 7, S. 297.

Taf. VII. — Voit, Fig. 1 bis 4, S. 415.

Taf. VIII. — Reusch, Fig. 1, S. 498; Fig. 2 u. 3, S. 500; Fig. 4, S. 502; Fig. 5 u. 6, S. 505; Fig. 7, S. 507 u. 509; Fig. 8, S. 510; Fig. 9, S. 511; Fig. 10, S. 512; Fig. 11, 12 u. 13, S. 514.

Taf. IX. — Töpler, Fig. 1, S. 524; Fig. 2, S. 526; Fig. 3, S. 522; Fig. 4, S. 523; Fig. 5, S. 534. — Jenzsch, Fig. 6, S. 599, 601 u. 603.

Taf. X. — Mitscherlich, Fig. 1, S. 537; Fig. 2 u. 3, S. 555; Fig. 4, S. 566 u. 568.

Berichtigungen.

Zum Aufsatz von Feddersen.

S. 442 Z. 11 lies: $i = \frac{4Q}{\alpha AB}$ etc. statt: $i = \frac{4Q}{\alpha AB}$ etc.

S. 444 Z. 12 lies: Reductionen statt: Inductionen

S. 448 Z. 18 lies: $f(a_1 a_2)$, statt: $f(a_1 a_1)$

S. 454 Z. 18 lies: $f\left(\frac{w_2}{a_2}\right)^2 A\beta$ statt: $f\left(\frac{w_2}{a_2}\right) A\beta$.

1867. ANNALEN No. 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXXX.

1. *Beobachtungen über die Diffusion des Wasserdampfes durch trockene atmosphärische Luft und einige andere hygroskopische Erscheinungen;* von *C. G. Jungk.*

Lamont spricht in seiner Abhandlung »Die Dalton'sche Dampftheorie und ihre Anwendung auf den Wasserdampf der Atmosphäre« (Pogg. Ann. Bd. 118, S. 172) von der grofsen Langsamkeit in der Wasserdampfverbreitung, ohne irgend welche Zahlen darüber anzugeben. Da ich auch anderweitig dergleichen Messungen nicht fand und ein Mittel hatte sie auszuführen, so habe ich es gethan, und mit sehr sicherem Erfolge. Das Mittel, dessen ich mich dazu bedient habe, ist ein Darmsaitenhygroskop, ein Instrument, welches sehr in Verruf ist, ja so sehr, dafs man die Beschäftigung mit demselben oder die Bemühung, es für die Wissenschaft brauchbar zu machen, für eine Verirrung erklärt hat, wahrscheinlich weil man sehr ungehalten darüber war, dafs das gesuchte Hygroskop sich durchaus nicht als Hygrometer verwenden liefs, und weil auch die Empfindlichkeit insonderheit aber deren Dauer zu gering war, als dafs es die Mühe lohnte, ein solches Instrument mit einiger Genauigkeit herzustellen. Ich habe nun aber die Empfindlichkeit, so wie deren Dauer so erhöht, dafs das Instrument zu vielen Beobachtungen, welche mit den von der Wissenschaft anerkannten Hygrometern nicht gemacht werden können, lange brauchbar bleibt. Erstens habe ich nicht nur die Länge der Darmsaite vergröfsert, sondern auch die Dicke derselben sehr vermindert, damit bei geringen Feuchtigkeitsänderungen eine grofse Drehung der

Darmsaite recht schnell der Einwirkung folgt; zweitens habe ich, um dem Instrument diese Empfindlichkeit zu sichern, selbst wenn dasselbe öfters der äufsersten Feuchtigkeit und Trockenheit ausgesetzt wird, statt der einfachen gedrehten Darmsaite eine aus zwei solchen zusammengedrehte oder gezwirnte angewendet; denn diese verliert ihre Torsion selbst dann nicht, wenn sie mit einem Gewicht beschwert im Wasser hängt; was bei dem Benetzen jede einfache Darmsaite an Torsion verliert, mufs dann die gezwirnte gewinnen, da jene sich nur aufdrehen können indem sie sich umeinander drehen, d. h. indem sich die gezwirnte zusammendreht und umgekehrt. Aufserdem ist dafür gesorgt, dafs das Instrument die Zahl der Umdrehungen, welche die Darmsaite vom Zustande der gröfsten Trockenheit bis zu irgend einem Feuchtigkeitszustand macht, selbst angiebt. Damit der Werth der Beobachtungen, welche mit einem solchen Instrument gemacht sind, leichter beurtheilt werden kann, lasse ich hier eine genaue Beschreibung desselben folgen. Vielleicht kann es auch manchem Physiker bei andern Versuchen nützlich seyn.

Die Fig. 1 Taf. I giebt in $\frac{1}{4}$ Maafsstab den Durchschnitt eines Instruments, welches zu sehr verschiedenen Beobachtungen geeignet seyn dürfte. Ein cylindrisches Glas ist nach der Linie *ac* durchgeschnitten, und der untere Theil inwendig mit einem Blechring versehen, so dafs man den obern Theil sicher auf den untern luftdicht aufsetzen kann. Dieses Glas trägt einen Deckel *cd*, durch dessen Mitte ein der Länge nach geschlitztes Rohr *ef* mündet. Der untere Theil desselben, von 1 Zoll Länge, ist ganz geschlossen und von einem zweiten Cylinder umgeben, mit dem er ein ringförmiges Gefäfs bildet. Der obere Theil *f* ist um seine Axe drehbar und oben mit zwei gegenüberliegenden Einschnitten parallel der Axe versehen. In diesem drehbaren Theil ist die gezwirnte Darmsaite befestigt. Sie geht bei *g* in einen ganz dünnen Platindraht über, der das Gewicht *l* und den darauf ruhenden getheilten Kreis trägt, so dafs der

Mittelpunkt des letzteren in der Verlängerung des Platindrahtes liegt. An diesem ist bei *g* ein ganz feiner schwarzer Faden befestigt, der nur aus einigen einfachen Seidenfäden gedreht und, bei *m* über ein Häkchen aus edlem Metall gehend, durch das sehr kleine Gewicht *n* gespannt ist, ohne die Darmsaite merklich aus der Senkrechten abzulenken. An den Windungen dieses Fadens um den Platindraht kann man die Umdrehungen zählen, welche das untere Ende der Darmsaite gemacht hat. Bei *o* ist ein zweiter Faden befestigt, der durch das Gewicht *p* senkrecht hängt. Er dient dazu, Theile einer Umdrehung mit Sicherheit zu bestimmen, da sich leicht beobachten läfst, welcher der 400 Theilstriche mit diesem Faden und dem Platindraht in derselben Ebene liegt. Diese Einrichtung ist einem festen Kreise und einem beweglichen Zeiger vorzuziehen, weil dabei eine Veränderung in der Länge der Darmsaite nicht nachtheilig ist, und der Beobachter von derselben Stelle beobachten kann. Aufserdem sey bemerkt, was aus der Figur nicht hervorgeht, dafs die Darmsaite ungefähr so dick ist wie gewöhnliche Nähseide, durchschnittlich also etwa 0,4 Millimeter im Durchmesser hat, und dafs sie im Ganzen etwa ein Gewicht von 20 bis 30 Grm. trägt. Der eingetheilte Kreis mufs leicht seyn, damit drehende Schwingungen nicht zu lange dauern, und von einem Stoffe, der durch Feuchtigkeit nicht leidet z. B. von dünnem vergoldetem Kupferblech.

Um den Umfang des Instruments zu bestimmen, füllt man den untern Theil des Glases mit Chlorcalcium, setzt den obern Theil luftdicht auf, ebenso den Deckel; gieſst in das ringförmige Gefäfs etwas Quecksilber oder Oel, je nach dem das verwendete Material es gestattet, und stülpt über das Rohr *ef* ein zweites, welches nur unten offen ist und mit einer am obern Boden senkrecht befestigten Platte in die obern Einschnitte des drehbaren Theils eingreift, wenn das untere offene Ende in die Flüssigkeit taucht. Hat das Instrument unter diesen Umständen mehrere Tage seine Stellung nicht mehr geändert, so dreht man den auf-

gestülpten Cylinder, ohne ihn aus der Flüssigkeit zu heben, und mit ihm die Darmsaite, so dafs sich der Faden *gm* vom Platindraht ganz abwickelt, und der Nullpunkt der Kreistheilung, der bei der Befestigung des Kreises dem Anfangspunkt *g* des Fadens *gm* möglichst gegenüber gelegt ist, mit *gl* und *op* in derselben Ebene liegt. Darauf hebt man den äufsern Cylinder ab, befestigt den obern Theil *f*, so dafs er sich nicht durch Zufall drehen kann, stülpt dann den schliefsenden Cylinder wieder darüber und ersetzt nun das Chlorcalcium durch Regenwasser. Nachdem dann unter dem Einflufs der Wasserdämpfe das Instrument eine andere unveränderliche Stellung angenommen hat, geben die Fadenwindungen auf dem Platindraht und der Theilstrich zwischen *gl* und *op* den Umfang desselben an, wenn die Theilstriche im entgegengesetzten Sinne der Drehung zählen, in welche die Darmsaite durch Feuchtigkeit versetzt wird. Das hier beschriebene Hygroskop hat einen Umfang von 39,97 Umdrehungen gezeigt; es giebt also, da man $\frac{1}{400}$ ja $\frac{1}{800}$ Umdrehung noch mit grofser Genauigkeit ablesen kann, wenigstens 15988 verschiedene Feuchtigkeitszustände an und hat diesen Umfang seit 3 Jahren bis auf sehr geringe Differenzen, die auch von der Verschiedenheit des geschmolzenen Chlorcalciums herrühren können, beibehalten, so dafs diese Umfangsbestimmung nicht gar zu oft vorgenommen zu werden braucht, und die Brauchbarkeit einer Darmsaite das wissenschaftliche Leben eines Physikers zu überdauern verspricht. Eine solche Beständigkeit tritt aber erst ein, wenn die Darmsaite unter constanter Belastung und voller Freiheit sich zu drehen einige Male den Zustand der gröfsten Nässe und Trockenheit gewechselt hat. Welche andern Vorsichtsmafsregeln zu nehmen sind, wenn diese Bestimmung ganz genau seyn sollte, wird sich aus den später zu besprechenden Beobachtungen ergeben. Die Wärme kann allerdings einen unberechenbaren selbstständigen Einflufs auf die Drehung der Darmsaite ausüben, wenn sie die letztere nicht nach allen Richtungen gleich ausdehnt. Aber dieser Einflufs

mufs sehr gering seyn; denn in einem abgeschlossenen Raum mit constantem absolutem Dampfgehalt zeigt das Instrument bei Zunahme der Temperatur eine geringe Abnahme der Feuchtigkeit, dagegen bei Abnahme der Temperatur eine Zunahme der Feuchtigkeit an, also eine Veränderung, die der relativen Feuchtigkeit entspricht. Daher hat auch die Wärme auf ein abgeschlossenes Instrument um so weniger Einfluſs, je mehr dieses sich einer der extremen Stellungen nähert. Das Instrument giebt eine plötzliche Aenderung in der Luftfeuchtigkeit fast augenblicklich durch seine Bewegung an, so daſs es bei wechselnden Windstöſsen diese durch seine Bewegung markirt; aber zu einem definitiven Stand kommt es erst nach längerer Zeit, besonders in einem abgeschlossenen Raume, wo der Wasserdampf durch Condensation von Seiten der Darmsaite abnimmt. Daher ist auch die Bestimmung des Umfanges nicht so bald auszuführen. Es dauert im Allgemeinen über 4 Wochen ehe die Darmsaite von der gewöhnlichen Luftfeuchtigkeit bis zur gröſsten Trockenheit über geschmolzenem Chlorcalcium gelangt, und ebenso ehe sie über Wasser die beständige Stellung annimmt. Dagegen geht das Instrument so wohl von der erstern als auch von der letztern extremen Stellung in etwa ½ Stunde auf den Stand der herrschenden Luftfeuchtigkeit, wenn der atmosphärischen Luft freier Zutritt gestattet ist. Mit Instrumenten dieser Art sind die Beobachtungen gemacht worden, von denen jetzt die Rede seyn soll.

Für die Diffusion des Wasserdampfes war insonderheit die in Fig. 2 Taf. I dargestellte Einrichtung getroffen. Das Hygroskop ist im Wesentlichen das oben beschriebene; aber das geschlitzte Rohr *ef* ist durch ein ringsum geschlossenes ersetzt, um dieses ist ein zweites *hi* so befestigt, daſs der Zwischenraum zwischen beiden, Quecksilber enthalten und ein drittes Rohr *xy* von oben aufnehmen kann. Dieses ist oben senkrecht in eine durchbohrte Spiegelplatte *rq* eingekittet, so daſs auf derselben eine zweite *st*,

welche zwei Durchbohrungen hat, ungehindert hin- und hergeschoben werden kann. Diese letztere trägt über jeder Oeffnung einen unten offenen und oben geschlossenen Cylinder. Der Cylinder *v* enthält ein Gefäfs aus Siebblech mit Chlorcalcium gefüllt und der Cylinder *w* enthält ein Gefäfs mit Wasser, welches sich zum Theil auf eine kleine Rolle von Fliefspapier verbreitet und dessen Temperatur durch ein Thermometer bestimmt werden kann. Die Glasplatte *rq* ist fest mit einer Vorrichtung verbunden, welche sich an der Rückwand des Consols, auf dem das Hygroskop steht, in sicheren Führungen um mefsbare Längen senkrecht auf und niederschieben läfst und ein Verschieben der obern Glasplatte ohne Erschütterung des Hygroskops möglich macht. Diese letztere Verschiebung kann durch Führungen und Hemmungen, welche auf der untern Glasplatte angebracht sind, mit Leichtigkeit so ausgeführt werden, dafs bald der Cylinder *v*, bald der Cylinder *w* mit dem Rohre *ef* in Verbindung steht, während durch eine dünne Oelschicht zwischen beiden Glasplatten der atmosphärischen Luft der Zutritt von dieser Seite vollkommen abgeschnitten ist. Nachdem das Glas des Hygroskops unten mit Chlorcalcium gefüllt und sowohl an dem untern Durchschnitt als auch am obern Deckel vollkommen gedichtet war, wurde das Rohr *xy* durch Senken der Glasplatte *rq* über das Rohr *ef* geschoben, bis der obere Rand des letzteren mit der oberen Ebene der Glasplatte zusammenfiel; dann wurde die obere Glasplatte so verschoben, dafs der Cylinder *v* über *ef* stand und nun der Cylinder *ik* mit Quecksilber gefüllt, somit also die Absperrung der atmosphärischen Luft vollendet. So stand die ganze Vorrichtung 6 Wochen, bis das Hygroskop, dessen Umfang vorher nur ungefähr auf 37 Umdrehungen bestimmt war, mehrere Tage in so fern eine feste Stellung einnahm, als es um eine mittlere Stellung hin und her schwankte. Durch Umhüllungen, welche die Wärmestrahlen und den Luftzug abhalten konnten, wurden diese Schwankungen sehr beschränkt und so langsam, dafs der Kreis während der Dauer

eines Experiments, welche durch vorläufige Versuche ungefähr bestimmt war, unverrückt blieb, wofern nicht der Beobachter während dieser Zeit in unmittelbarer Nähe des Instrumentes verweilte. Da eine Beobachtung mit dem Fernrohre bei der gegebenen Einrichtung nicht möglich war, so wurde das Instrument auch gegen den Einfluſs des Beobachters durch geeignete Schirme so geschützt, daſs nur eindringender Wasserdampf eine Bewegung des Kreises plötzlich hervorbringen konnte. Das Experiment bestand nun darin, daſs der Cylinder mit dem Wassergefäſs schnell über das Rohr *ef* geschoben und nach den Schlägen einer Uhr, von denen 150 auf eine Minute gehen, die Zeit bestimmt wurde, welche von dieser Einstellung an verging, ehe die Darmsaite den Kreis um $\frac{1}{400}$ Umdrehung im Sinne der Feuchtigkeitszunahme gedreht hatte. Dann wurde wieder der Cylinder *v* über *ef* geschoben, damit der eingedrungene Wasserdampf nicht die ganze Darmsaite zu bestreichen brauchte, um den Weg zum Chlorcalcium zurückzulegen. Solche Beobachtungen wurden bei verschiedenen Entfernungen zwischen der Gränze des Wasserdampfes und dem obern Rande des Rohres *ef* angestellt, und bei jeder Entfernung der Versuch mehrere Male wiederholt. Die Resultate solcher Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, und zwar unter *a* die Entfernung der Dampfgränze vom obersten Rande des Rohres *ef* vermehrt um eine unbestimmbare Gröſse *x*; unter *b* die Zeiträume von der Oeffnung des Dampfraumes bis zur Ablenkung des Hygrokops um $\frac{1}{400}$ Umdrehung, gemessen nach den obenerwähnten Schlägen einer Uhr; unter *c* das arithmetische Mittel der unter gleichen Bedingungen erhaltenen Zahlen der vorigen Spalte; unter *d* die Differenz zweier auf einander folgenden Zahlen der vorigen Spalte; unter *e* der Stand des Hygroskops vor dem Experiment in ganzen Umdrehungen von *o* an und unter *f* und *g* die Temperatur der Zimmerluft und des Wasserdampfes in Graden nach Reaumur.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
x	94			0,74	11°,5 R.	11° R.
x	96			0,72	»	»
x	95			0,74	»	»
x	93	94,5		0,73	11 ,75	11 ,5
x + 5	100			»	12 ,5	12
»	105			0,74	12	11 ,9
»	105			»	»	»
»	109			0,63	»	»
»	106	105	10,5	»	12 ,1	11 ,9
x + 10	130			0,58	12	»
»	128			0,60	»	»
»	127			0,54	11 ,75	11 ,5
»	130	128,7	23,7	0,57	»	»
x + 15	153			0,54	»	11 ,1
»	150			»	12	11 ,75
»	153			0,50	11 ,8	11 ,3
»	156	153	24,3	0,53	11 ,7	11 ,1
x + 20	177			0,54	11 ,5	11
»	176			0,49	11	10 ,75
»	176			0,52	11 ,2	»
»	178	176,7	23,7	0,54	11 ,4	11
x + 25	198			0,51	11 ,6	11 ,2
»	200			0,54	»	11
»	200			0,47	11 ,75	11 ,2
»	197	198,7	22,0	0,49	»	11 ,4
x + 30	217			0,53	»	»
»	222			0,47	11 ,8	11 ,3
»	219			0,51	12	11
»	220			»	11 ,8	11 ,8
»	220	219,6	20,9	0,47	11 ,6	11
x + 35	241			0,49	11 ,5	11
»	241			0,44	»	»
»	241			0,47	»	»
»	240			0,46	»	»
»	240	240,6	21,0	0,41	11 ,3	10 ,8

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
$x+40$	262			0,39	10°,3 R.	9°,9 R.
»	260			0,40	»	»
»	261			0,43	»	»
»	264	261,7	21,1	0,39	9 ,8	9
$x+45$	290			0,37	9 ,2	8 ,8
»	280			0,41	»	»
»	285			0,36	8 ,6	8 ,1
»	284			0,37	8 ,75	8 ,3
»	280			0,38	8 ,5	8 ,7
»	280			»	»	9
»	280			»	9 ,9	9 ,5
»	282	282,6	20,9	0,42	»	»
$x+50$	290			0,37	11 ,5	11
»	300			0,36	»	»
»	305			0,33	10 ,5	10
»	310			0,38	»	»
»	320	305	22,4	0,32	»	9

Die Gröfse x, welche in dieser Tabelle vorkommt, ist ganz unbestimmbar. Am nächsten liegt wohl, sie als die Tiefe aufzufassen, bis zu welcher der Wasserdampf in das Rohr eindringen mufs, um die bestimmte Drehung der Darmsaite hervorzubringen. Nach dieser Auffassung lehren die vier ersten Spalten von $x+5$ an mit einer Bestimmtheit, die kaum zu erwarten war, dafs die Diffusion des Wasserdampfes von einer Wasserfläche aus durch trockene atmosphärische Luft mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich geht, wenn jede von der Expansivkraft unabhängige Bewegung möglichst beseitigt ist. Die Abweichung hiervon in den ersten 5 Millimetern von x bis $x+5$, sowie die grofse Differenz der Zeiten für diese Entfernung, findet in der Luftbewegung, welche die gegenseitige Verschiebung der Glasplatten und hauptsächlich der Temperaturunterschied in den Cylindern *w* und *ef* wenigstens in der Nähe der Trennungsfläche hervorbringen müssen, ihre vollständige Erklärung. Denn die Strecke, in welcher diese Luftbewegung stattfindet, wird vom Dampfe nicht nur durch

Diffusion also viel schneller zurückgelegt als die folgenden. Sie ist also mit Recht von den Strecken der regelmäfsigen Diffusion auszuschliefsen. Ein Unterschied der Temperatur in den Cylindern *w* und *ef* geht aus den Spalten *g* und *f* hervor, wenn er auch nicht dieselbe Gröfse haben mochte.

Bei der Bestimmung der Zeit, welche vom Einstellen des Cylinders *w* bis zur Ablenkung des Kreises um einen Theilstrich verging, wurde der Kreis fest im Auge behalten und dabei bemerkt, dafs nicht nur die oben notirte Zeit der Entfernung der Dampfquelle proportional wächst, sondern auch die Zeit vom Anfang der Bewegung bis zur Drehung um einen Theilstrich dabei zunimmt. Diese Beobachtungen wurden nicht notirt, da die Zahlen bei der Schwierigkeit, mit den vorhandenen Einrichtungen den Anfang einer so langsam eintretenden Bewegung zu bestimmen, sehr ungenau ausgefallen seyn würden. Trotzdem nöthigen sie die oben ausgesprochene gleichförmige Diffusionsgeschwindigkeit etwas genauer zu betrachten. Bestände diese darin, dafs jedes Dampftheilchen einen der Zeit proportionalen Weg zurücklegt, so müfste die Dampfmenge, welche die Drehung um einen Theilstrich hervorbringt, immer in derselben Zeit den obern Endpunkt der Darmsaite überschreiten und somit auch immer in derselben Zeit die bestimmte Bewegung des Kreises bewirken, in welcher Entfernung sich auch die Dampfquelle befände. Man kann daher nur behaupten, dafs die Zeit, nach welcher dieselbe Dampfmenge den Anfang der Darmsaite überschritten hat, der Entfernung der Dampfquelle proportional ist, und dafs sich dieses Dampfquantum nach der Richtung der Bewegung um so mehr ausdehnt, je länger es schon auf dem Wege ist. Will man annehmen, dafs in gleichen Zeiten gleichviel Dampfatome vom Wasser ausgehen, so mufs die Zunahme der Entfernung zwischen den Dampfatomen in dem hier in Betracht kommenden Dampfquantum noch nicht bis zu den letzten Schichten fortgeschritten seyn.

Bestimmteres läfst sich nach den vorliegenden Beobachtungen über diese Ausdehnung noch nicht sagen.

Diese Ausdehnung, welche bei gröfseren Entfernungen der Dampfquelle die langsame Wirkung auf die Darmsaite zur Folge hat, ist auch der Grund, dafs die beobachteten Zeiten für die Entfernung von $x+45$ und $x+50$ Millimeter mehr schwanken als die andern.

In der soeben angestellten Betrachtung habe ich das Hygroskop scheinbar inconsequenter Weise als Hygrometer auftreten lassen. Es findet das aber seine Rechtfertigung darin, dafs das Instrument beim Durchlaufen seines Umfanges nie einen Sprung macht, dafs es bei allen Versuchen nahehin denselben Stand hatte, dafs die hier beobachtete Bewegung nur der 15000ste Theil vom ganzen Umfang des Instrumentes ist und dafs daher die hierzu nöthige Dampfmenge sich nicht merklich ändern kann. Sie ist, wie sich später zeigen wird, so gering, dafs man sie bei den meisten Versuchen nicht zu berücksichtigen vermag.

Berechnet man aus den Zahlen der Spalte *d*, mit Ausnahme der ersten, das arithmetische Mittel und verwandelt die Uhrenschläge in Secunden, so erhält man für die Secunde eine Geschwindigkeit von 0,5625^{mm} d. i. für die Stunde 2,025 Meter.

Ich hielt es für möglich, dafs sich eine gröfsere Geschwindigkeit ergiebt, wenn die Diffusion nach entgegengesetzter Richtung vor sich geht, weil dann das geringere specifische Gewicht des Wasserdampfes die Diffusion beschleunigen könnte, und traf zu solchen vergleichenden Versuchen eine Vorrichtung, deren Durchschnitt die Fig. 3 Taf. I den wesentlichen Theilen nach in $\frac{1}{4}$ Maafsstab darstellt. *st* ist wieder die zweimal durchbohrte Glasplatte mit den Cylindern *v* und *w*; sie wird in dieser Lage durch zwei Schrauben gegen die Platte *rq* gedrückt, so dafs sie sich an derselben luftdicht verschieben läfst. In *rq* ist ein Rohr *u* eingekittet, welches das Knierohr eng umschliefst und sich um dasselbe drehen läfst. Das letztere pafst bei *x* in ein zweites Knierohr, welches auf dem Rohr *ef* des Hygro-

skops aufsitzt, und ist auch darin drehbar. Durch Drehung bei u und x ist es möglich, ohne die Vorrichtung im Uebrigen aus der Verfassung zu bringen, den Dampf in dem Röhrenstück $\beta\gamma$ auf- oder niedersteigen zu lassen. Nachdem diese Vorrichtung unter Beseitigung des Queckailbers und seines Behälters auf das Hygroskop aufgesetzt war, entweder wie in der Figur dargestellt ist oder nach unten gedreht, wurde jede Verbindungsstelle vollkommen gedichtet, die Glasplatte rq so befestigt, dafs die Verschiebung der andern ohne Erschütterung der Darmsaite bewirkt werden konnte und dann nach Einstellung des Cylinders v einige Wochen die constante Stellung des Kreises abgewartet, ehe die Versuche angestellt wurden. Diese schwankte im Allgemeinen um denselben Stand wie bei den vorigen Versuchen. Die Temperatur wechselte zwischen 16°,5 und 15° R. und zeigte ähnliche Differenzen. Die Versuche waren dadurch zeitraubend, dafs die jedem Versuch vorausgehende Beobachtung, ob der Kreis während der muthmafslichen Dauer des Experiments auch nicht durch fremde Einflüsse seine Stellung merklich ändert, dieselbe Zeit kostete und trotz aller Umhüllungen oft ein ungünstiges Resultat ergab.

Der Weg, den der Wasserdampf zurückzulegen hatte, bestand aus dem absteigenden Wege x in den vorigen Versuchen, dem absteigenden Wege $\delta f = 4^{mm}$, den beiden horizontalen Wegen $\alpha\beta = \gamma\delta = 18^{mm}$ und dem auf- oder absteigenden $\beta\gamma = 180^{mm}$ im Ganzen also $x + 220^{mm}$. Die Zeit von der Einstellnng des Cylinders v bis zur Ablenkung des Kreises um $\frac{1}{400}$ Umdrehung wurde nach den Schlägen einer Uhr gezählt, von denen 90 auf eine Minute gehen. Es ergaben sich in 6 Versuchen

1) Bei aufsteigender Diffusion in $\beta\gamma$ die Zeiten
650, 650, 680, 700, 650, 640, deren Mittel 661,6 ist

2) Bei absteigender Diffusion in $\beta\gamma$ die Zeiten
680, 640, 640, 660, 700, 655, deren Mittel 659,1 ist.

Hieraus ergiebt sich also für die Geschwindigkeit der absteigenden und aufsteigenden Diffusion kein Unterschied,

aber fast genau derselbe Werth wie aus den vorigen Versuchen. Denn das Mittel beider Zahlen 660,35, in den Einheiten 150 auf eine Minute ausgedrückt, ist 1100,55. Zieht man davon die Zeit ab, welche nach der vorigen Tabelle der Dampf braucht, um die Strecke x und die ersten gestörten 5^{mm} zu überwinden, nämlich 105, so bleiben für die übrigen 215^{mm} noch 995,55, also für 5^{mm} 23,15, woraus sich für eine Stunde die Geschwindigkeit 1,944 Meter ergiebt. Dieser Werth ist um 81^{mm} oder 4 Proc. kleiner als der oben gefundene. Welcher dieser beiden Werthe der genauere ist, läfst sich aus den Umständen nicht entscheiden, so dafs sich als die mittlere Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserdampfes 1,984 Meter in der Stunde ergiebt, wobei allerdings der Einfluſs, welchen die Temperatur haben kann, unberücksichtigt geblieben ist.

Die Schwierigkeiten, welche ich fand, das hier angewendete Hygroskop auf demselben Stand der Trockenheit zu erhalten, während ein anderes, welches mit Chlorcalium zusammen unter einer Glasglocke luftdicht abgeschlossen stand, bei den gewöhnlichen Umständen nur Schwankungen zeigte, welche mit den Temperaturschwankungen in dem schon oben bezeichneten Zusammenhang standen, veranlafsten mich ihre Ursache genauer zu untersuchen. Zunächst bemerkte ich, dafs bei dem letzteren Instrument die Darmsaite nicht in einer engen Röhre, sondern in der Mitte eines Rahmen, etwa 1,5 Zoll von jedem festen Körper entfernt, herabhing, und vermuthete darin die Ursache der gröfsern Beständigkeit. Um von dieser Vermuthung aus den scheinbar regellosen Schwankungen des andern Instruments näher zu treten, entfernte ich das Knierohr, verschloſs das Rohr des Hygroskops oben mit Wachs und liefs es erst wieder einige Zeit durch das untere Chlorcalcium austrocknen. Wenn ich dann meine Annäherung dadurch schärfer markirte, dafs ich das Rohr, in welchem die Darmsaite hängt, behauchte, so wich in demselben Moment der Kreis im Sinne der Feuchtigkeitszunahme ab und oscillirte hier

um eine Gleichgewichtslage, welche allmählich auf die andere Seite der ursprünglichen Stellung überging. Dasselbe trat ein, wenn ich das Rohr mit einer Fingerspitze berührte. Umhüllte ich das Rohr mit der Hand, ohne es zu berühren, so war die Wirkung auch in diesem Sinne, aber langsamer, so dafs keine Oscillation, sondern erst eine ruhige Ablenkung im Sinne der Feuchtigkeitszunahme und dann eine Ablenkung im entgegengesetzten Sinne eintrat. Hatte ich durch Berührung an einer Stelle diese Umkehr schon erreicht, so konnte ich durch Berührung an einer andern Stelle sie wieder aufheben und die Ablenkung im Sinne der Feuchtigkeit wieder hervorrufen. Benetzte ich das Rohr an einer Stelle mit Wasser von der Lufttemperatur, so trat sofort eine Ablenkung im Sinne der Feuchtigkeitsabnahme und darauf die entgegengesetzte ein. Dieselbe Erscheinung in verstärktem Maafse hatte ich beim Benetzen mit Alkohol und Schwefelkohlenstoff.

Diese Versuche wurden in Zwischenräumen von Stunden und Tagen mit demselben Erfolge so oft wiederholt, dafs über die Regelmäfsigkeit der Erscheinung kein Zweifel übrig blieb. Die Ablenkungen in Zahlen anzugeben, würde keine Bedeutung haben, da weder die Gröfse der benetzten oder berührten Stelle noch die Temperaturdifferenz zwischen dem Rohre und dem berührenden Körper gemessen wurde; jedoch mag hier erwähnt werden, dafs schon beim Behauchen die Ablenkung 0,005 Umdrehung beträgt und bei der Benetzung mit Schwefelkohlenstoff auf 0,02 bis 0,03 Umdrehung gebracht wurde.

Der Zusammenhang der Erscheinungen ist offenbar folgender. Soweit die Beobachtungen reichen, absorbirt ein fester Körper von demselben Gase um so mehr, je niedriger seine Temperatur und je höher die Spannkraft des Gases ist. Dasselbe kann man daher wohl annehmen für die Darmsaite und den Wasserdampf. Diese Absorption besteht wahrscheinlich nur in einer Verdichtung des Gases an der Oberfläche, die eben bei porösen Körpern sehr grofs ist, findet also auch an der Oberfläche nicht poröser

Körper statt. Da nun die abgeschlossene Luft durch das Chlorcalcium gewifs nicht vollkommen getrocknet ist, so mufs eine der herrschenden Dampfspannung entsprechende Menge Wasserdampf in der Darmsaite und an der innern Wand des Rohres verdichtet seyn. Wird nun eine Stelle des Rohres erwärmt, so wird an der innern Seite ein entsprechendes Dampfquantum frei und vermehrt in der nächsten Umgebung die Dampfspannung. Die Darmsaite absorbirt demnach hier mehr Wasserdampf und zeigt dieſs durch Drehung im Sinne der Feuchtigkeitszunahme an. Wirkt dann schliefslich das Rohr erwärmend auf die Darmsaite, so mufs diese nicht nur den zuletzt aufgenommenen, sondern noch mehr Wasserdampf hergeben und macht demnach die entgegengesetzte Drehung. Wird dagegen das Rohr an einer Stelle abgekühlt, so verdichtet es hier an der inneren Seite mehr Wasserdampf und vermindert dadurch die Dampfspannung in der nächsten Umgebung. Die Darmsaite giebt daher hier etwas Wasserdampf frei und macht die entsprechende Drehung nach Trockenheit; wirkt das Rohr dann schliefslich abkühlend auf die Darmsaite, so absorbirt diese nicht nur den soeben abgegebenen, sondern noch mehr Wasserdampf, was eine entgegengesetzte Drehung zur Folge hat.

Dafs diese Wirkung sich auf so kleine Strecken beschränkt und diese Erscheinung durch Berührung verschiedener Stellen mehrere Male hinter einander hervorgerufen werden kann, findet seine Erklärung in der geringen Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserdampfes.

Man sieht hieraus, dafs das Instrument empfindlich genug ist; nicht nur die Gegenwart des Wasserdampfes über Chlorcalcium nachzuweisen, sondern auch über seine Vertheilung und seine Bewegung bei Temperaturwechsel einigen Aufschlufs zu geben und sehr geringe Aenderungen in der Dampfspannung, welche gewöhnlich ganz vernachlässigt werden, sofort anzuzeigen. Ich machte daher einen ähnlichen Versuch mit dem Hygroskop unter der Glasglocke, bei dem die Darmsaite 1,5 Zoll von jedem festen Körper

und etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll von den Glaswänden entfernt ist. Ein Licht, welches neben der Glasglocke etwa 1,3 Zoll entfernt stand und die ganze Darmsaite beschien, bewirkte, dafs sich die Darmsaite in 8 Minuten um 0,005 Umdrehung im Sinne der Feuchtigkeitszunahme drehte und in den nächsten 8 Minuten um 0,0135 Umdrehung zurückging, während die Temperatur unter der Glocke von 12° bis auf 13°,5 R. stieg. Diese Erscheinung hat sich eben so oft bestätigt wie die vorige und ist auch dieselbe, hat aber einen langsamern Verlauf wegen der grofsen Entfernung der Glaswände von der Darmsaite und der geringen Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserdampfes. Aufserdem lehrt sie, dafs die durch das Glas dringenden Strahlen zu wenig sind, als dafs sie den Hergang, wie er in dem undurchsichtigen nur $\frac{1}{4}$ Zoll weiten Rohre stattfindet, im Wesentlichen stören könnten.

II. *Beiträge zur Kenntnifs des Wolframs und seiner Verbindungen; von Emil Zettnow.*

I. Darstellung der Wolframsäure.

Seit der Entdeckung der Wolframsäure im Mineral Wolfram hat dieses Erz wohl allein dazu gedient, jene Säure in gröfserer Menge darzustellen. Bis vor wenigen Jahren ein völlig werthloses Mineral, welches als lästige Verunreinigung des Zinnsteins auf die Halden gestürzt wurde, hat dasselbe seit dem Jahre 1858, in welchem es zuerst zur Bereitung von Wolframstahl angewendet wurde, einen ziemlich hohen Handelswerth erlangt, da der Centner desselben jetzt mit 20 Thlr. bezahlt wird.

A. Aufschliefsung des Erzes durch Säuren.

Da die bisher bei dieser Methode angewendeten Säuren bereits bei 110° bis 112° C. sieden, so glaubte ich, dafs vielleicht eine andere Säure mit höherem Siedepunkt bessere Resultate ergeben und so die Vortheile, die eine Auf-

schliefsung mittelst Säuren darbietet, zu benutzen erlauben würde. Ich wählte zu diesem Zwecke die concentrirte Schwefelsäure, der ich etwas Salpetersäure hinzufügte. Das Resultat war hierbei jedoch noch weniger befriedigend, als bei Anwendung von Salzsäure, wie folgende Versuche, die ich, um nicht bei Anwendung von zu geringen Quantitäten getäuscht zu werden, mit 200 Gr. Erz anstellte.

1) 200 Gr. sehr fein gepulvertes Erz wurden mit ihrem gleichem Gewicht roher Salzsäure unter mehrmaligem Zusatz von etwas Salpetersäure $2\frac{3}{4}$ Stunden lang gekocht; dann, nach dem Abgiefsen der alten und Aufgiefsen von 150 Gr. frischer Salzsäure noch ferner $2\frac{1}{4}$ Stunden lang ebenso behandelt, wobei während der ganzen Operation gar kein Stofsen stattfand, wenn die Masse nicht aus dem Kochen kam. Nach dem Waschen des gelb gewordenen Pulvers erhielt ich durch Ausziehen mit Ammoniak und Glühen des zur Trockne verdampften Filtrates 46 Gr. rohe Wolframsäure = 23 Proc. vom angewendeten Erz.

2) 200 Gr. desselben Erzes wurden mit 200 Gr. concentrirter Schwefelsäure übergossen und nach Zusatz von etwas Salpetersäure erhitzt. Die letztere verdampfte jedoch vollständig, ehe die Schwefelsäure anfing eine Einwirkung auszuüben. Nach $2\frac{1}{2}$stündigem Kochen lieferte der Rückstand durch Ausziehen mit Ammoniak etc. wie oben, 12,8 Gr. rohe Wolframsäure = 6,4 Proc. Nimmt man an, dafs die Zersetzung des Erzes mit der zum Kochen angewendeten Zeit proportional fortschreitet, so würden bei 5stündigem Kochen 12,8 Proc. Wolframsäure erhalten seyn.

Es ergiebt sich also, dafs die concentrirte Schwefelsäure bei einer Temperatur von 310° bis 315° C. doch nicht so zersetzend auf das Erz einwirkt, wie Salzsäure bei 110° bis 112° C.

B. Aufschliefsung des Erzes durch kohlensaures Natron.

a. Darstellung des wolframsauren Natrons.

Zur Verarbeitung gröfserer Quantitäten von Wolfram ist die praktisch allein anwendbare Methode die der Auf-

schliefsung durch kohlensaures Natron, und überwiegen die Vortheile, welche dieselbe durch Ersparung von Zeit und Geld darbietet, fast völlig die Nachtheile, die ich durch Anwendung der Schwefelsäure zur Zersetzung des wolframsauren Natrons zum Theil wenigstens vermindert habe.

Der Wolfram, den ich verarbeitete, stammte aus Zinnwald und stellte ein sehr reines, von Gangart völlig freies, ausgezeichnet schaaliges Erz dar, so dafs ich beim Zerschlagen der gröfseren Stücke mehrere ziemlich gute Krystalle erhielt, die aus einzelnen, wie Kappen aufeinander passenden Schalen bestehen. Das Zerstampfen des Erzes zu feinem Pulver macht viel Mühe; anfangs zerfällt es zwar schnell zu einem gröblichen Pulver, dieses jedoch läfst sich alsdann nur schwierig weiter zerkleinern. Das durch ein feines Florsieb geschlagene Erz stellt ein rothbraunes, unfühlbares Pulver dar.

Das kohlensaure Natron, welches man am besten, sowohl der spätern Verarbeitung als der Billigkeit wegen anwendet, erhält man am leichtesten aus doppeltkohlensaurem Natron, das man aus manchen Quellen chemisch rein zum Preise von $3\frac{1}{2}$ Sgr. pro Pfund bezieht. Um die Mühe der Ueberführung des Salzes in einfach saures zu umgehen, bestimmt man vermittelst eines besonderen Versuches den Verlust, den es beim Glühen für sich erleidet, und wendet es alsdann ungeglüht an, indem man soviel doppeltkohlensaures Natron mehr nimmt, als die Berechnung nach dem Glühverlust erfordert. Es ist weder nöthig, mehr kohlensaures Alkali zu nehmen, als die theoretische Berechnung erheischt, noch nützlich, salpetersaure Salze hinzuzusetzen, denn beides erschwert nur die spätere Reinigung, ohne Vortheil zu gewähren. Zu einem reinen und schönen Natronsalz der Wolframsäure gelangt man am leichtesten durch Anwendung von möglichst reinen Materialien.

Zur Aufschliefsung mischt man innig 152 Th. Erz mit 53 Th. wasserfreiem einfach kohlensaurem Natron, oder kürzer 3 Th. mit 1 Th., und schmelzt in eisernen Tiegeln.

Ich nahm zu jeder Operation 1000 bis 1250 Gr. Erz, und je nach dem Zuge des Ofens dauerte jede Schmelzung $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Stunden, so dafs man leicht innerhalb einiger Tage 15 bis 20 Kilogr. Erz aufschliefsen kann. Wendet man doppelt kohlensaures Natron an, so erhitzt man zuerst $\frac{1}{4}$ Stunde lang schwach, dann nach Austreibung des Wassers und der Kohlensäure $\frac{1}{2}$ Stunde stärker, wobei der Inhalt des Tiegels zusammensintert und halb geschmolzen erscheint; schliefslich giebt man $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Stunde die stärkste Hitze, die der Windofen erzeugt, rührt die ohne jedes Schaumen flüssig gewordene Masse mit einem starken Eisendraht um, hebt den Tiegel schnell aus dem Feuer heraus und kratzt mit einem Eisenspatel das dickflüssige Liquidum aus demselben auf ein eisernes Blech, sowohl um den Tiegel sogleich zu einer neuen Schmelzung gebrauchen zu können, als auch weil der Inhalt, einmal fest geworden, nur sehr schwierig herauszubringen ist. Die braune Schmelze, welche spröde ist und beim Erkalten zerspringt, wird zu einem groben Pulver zerstofsen und mit Wasser ausgekocht. Man zerkleinert am besten die jedesmalige Schmelze sogleich und schüttet sie in einen grofsen eisernen Topf mit Wasser, welcher durch die bei den nächsten Aufschliefsungen überschüssige Wärme erhitzt und auf diese Weise ohne besondere Mühe viele Stunden lang im Kochen erhalten werden kann. Ist die Lösung gesättigt, so wird sie durch Decantiren entfernt, und frisches Wasser aufgegossen. Die unlöslichen Oxyde des Eisens und Mangans setzen sich gerne fest an den Boden des Gefäfses an, und man mufs, damit derselbe nicht überhitzt wird, von Zeit zu Zeit umrühren. Ist sämmtliches Erz (ich verarbeitete 30 Pfund) auf diese Weise aufgeschlossen und die Schmelze mit Wasser erschöpft, so filtrirt man die Lösung des wolframsauren Natrons und dampft zu Krystallisation ein. Nach 48stündigem Stehen hatte sich aus meiner Lösung ein reichlicher Anschufs von blendend weifsem und fast reinem wolframsauren Natron $= NaO, WO^3 + 2aq.$ gebildet. Nach einmaligem Umkrystallisiren zeigte sich das Salz als völlig

rein. Die Mutterlaugen beider Krystallisationen wurden dann zum Kochen erhitzt und mit Salpetersäure in kleinen Portionen versetzt, wobei sich anfangs bald vorübergehend ein schwaches Brausen von entweichender Kohlensäure zeigte, bis die vorher stark alkalische Reaction in die neutrale übergegangen war. Bei ruhigem Stehen erhielt ich einen reichlichen Anschufs des sauren Natronsalzes $= 3\,Na\,O,\ 7\,WO^3 + 16\,aq.$ Die Mutterlauge lieferte bei dreimaligem Eindampfen zur Krystallisation noch mehr desselben Salzes; der letzte Rest derselben wurde, da sie ein wenig Kieselsäure hielt, mit Chlorcalcium gefällt und der Niederschlag zu sonstigen Wolframrückständen gelegt. Das saure Natronsalz erwies sich nach 2maligem Umkrystallisiren als rein. Der bei der Lösung der Schmelze in Wasser bleibende Rückstand besteht aus Eisen- und Manganoxyden und enthält auch alle Niobsäure, die im Wolfram von Zinnwald zu 0,5 bis 1,1 Proc. nach Bernoulli[1]) vorkommt.

b. Abscheidung der Wolframsäure aus ihrem Natronsalz.

Die Hauptschwierigkeit für die Darstellung einer reinen Wolframsäure aus dem Natronsalz liegt in der schwierigen Entfernung des Alkalis, ein Umstand, der besonders dann hervortritt, wenn man eine in Ammon leicht lösliche Wolframsäure erzielen will. Ist letztere Bedingung nicht vorhanden, so habe ich zur Darstellung von wasserfreier oder in Ammon schwerer löslichen Säure eine einfache und bequeme Methode durch Anwendung der Schwefelsäure gefunden.

α. Darstellung einer in Ammon leicht löslichen Säure.

In ein kochendes Gemisch von 1 Th. roher, mit 1 Th. Wasser und etwas Salpetersäure versetzter Salzsäure trug ich eine concentrirte Lösung von saurem wolframsaurem Natron nach und nach in kleinen Portionen ein, mit der Vorsicht, dafs die Salzsäure stets bedeutend überschüssig

1) Diese Annalen Bd. 111, S. 426 ff.

blieb. Auf diese Weise wird die ganze Menge der Wolframsäure gefällt und keine Spur derselben geht als Metawolframsäure in Lösung über, resp. bei späterm Waschen verloren. Verfährt man umgekehrt, so erleidet man beträchtlichen Verlust. Nach genügendem Kochen wurde die abgeschiedene, orangefarbene, sehr voluminöse Wolframsäure 8mal mit Wasser gewaschen, die 4 letzten Male unter Zusatz von etwas Salzsäure zum Wasser, da sonst eine weifse Milch entstand. Nach dem Lösen der Säure in verdünntem, warmen Ammon, Filtriren und Krystallisiren wurde das erhaltene Ammonsalz mit Wasser gut abgewaschen und durch verdünnte Salzsäure kochend zersetzt; dann die Salzsäure und die Lösung des Salmiak abgegossen und neue Salzsäure, der etwas Salpetersäure hinzugefügt war, aufgegossen, 1 Stunde lang gekocht, 6mal mit Wasser gewaschen; die von Neuem in reinem Ammon gelöste Säure zum dritten Male auf dieselbe Weise abgeschieden, 10mal mit Wasser gewaschen, schliefslich filtrirt und getrocknet. Sämmtliche Waschungen geschahen durch Decantation und kamen bei jeder derselben auf 1 Th. Wolframsäure 6 bis 7 Th. destillirtes Wasser; sie sind durch die voluminöse Beschaffenheit der Wolframsäure und durch das leichte Milchigwerden derselben sehr unangenehm und zeitraubend. Die auf solche Weise dargestellte Säure erwies sich als völlig rein, in Ammon sehr leicht löslich und von schön orangegelber Farbe.

β. Darstellung einer in Ammon schwer, in kohlensaurem Alkali leicht löslichen Wolframsäure.

Um auf eine weniger umständliche Weise als die oben angegebene eine reine Wolframsäure zu erhalten, habe ich durch die Anwendung der concentrirten Schwefelsäure zur Abscheidung der Wolframsäure ein Verfahren gefunden, welches den Vortheil darbietet, in kleinen Gefäfsen grofse Mengen von Substanz verarbeiten und die erhaltene Wolframsäure leicht waschen zu können. Die so dargestellte Säure ist frei von Natron, in kohlensauren Alkalien sehr

leicht, in Ammon ziemlich schwer löslich. Am besten übergiefst man $1\frac{1}{2}$ Th. gepulvertes, einfachsaures Salz oder 3 Th. saures Salz mit 1 Th. concentrirter Schwefelsäure und erhitzt unter Umrühren zum Kochen. Es scheidet sich grünlichgelbe Wolframsäure ab, die bei Zusatz von etwas Salpetersäure schön citrongelb wird. Wenn nach dem Entweichen des im Salz enthaltenen Wassers die Schwefelsäure anfängt sich zu verflüchtigen, hört man mit dem Erhitzen auf, übergiefst den erhaltenen Salzkuchen nach dem Erkalten mit Wasser, und wäscht die zurückbleibende Wolframsäure 8 bis 9mal, eine Operation, die durch das schnelle und klare Absetzen der Wolframsäure sehr rasch von Statten geht. Beim 5. oder 6. Male trübt sich die Flüssigkeit gewöhnlich milchig, zum Zeichen, dafs die freie Schwefelsäure und das schwefelsaure Natron fast völlig entfernt sind. Man mischt aldann dem Waschwasser etwas Schwefelsäure bei. Die ausgewaschene Säure übergiefst man mit soviel concentrirter Schwefelsäure, dafs sie einen dicken Brei damit bildet, und kocht, bis sich Dämpfe von Schwefelsäure entwickeln; dann wäscht man 7 bis 8mal, zuletzt auf dem Filter, mit reinem Wasser, und trocknet sie an der Luft. Zu jeder Waschung dienten auf 1 Th. Wolframsäure 6 bis 7 Th. Wasser. Man erhält sämmtliche im Natronsalz enthaltene Säure; dieselbe stellt ein amorphes Pulver von hellcitrongelber Farbe mit einem Stich ins Grünliche dar; sie enthält noch Wasser; die durch Glühen von ihrem Wasser befreite Säure ist ein wenig heller, als die Wasser haltende. Die Zersetzung des wolframsauren Natrons mufs in einer Porcellanschale vorgenommen werden: Glaskolben springen regelmäfsig entweder sogleich beim Uebergiefsen mit der Schwefelsäure oder beim spätern Kochen, selbst dann, wenn man verschiedene Cautelen anwendet.

II. Zur Analyse der wolframsauren Salze.

Der ältesten von Scheele[1]) zuerst angegebenen und

1) Scheele, *Opusc. chem. et phys.* 1789, *T. II, p.* 119.

von Scheibler[1]) verbesserten Methode habe ich nur hinzuzufügen, dafs nach der Zersetzung des Salzes durch Chlorwasserstoffsäure die Base, besonders bei den Alkalisalzen, am leichtesten durch Mafs-Analyse bestimmt wird. Man verjagt zu diesem Zwecke die Salzsäure bei 120° bis 125° C. völlig, löst das entstandene Chlormetall in Wasser, während die Wolframsäure auf dem Filter zurückbleibt, und um das Milchigwerden zu verhindern, mit reiner verdünnter Salpeterlösung ausgewaschen wird. Im Filtrat bestimmt man das Chlor durch $\frac{1}{10}$ Silberlösung unter Zusatz von chromsaurem Kali als Indicator, während die Wolframsäure nach dem Auswaschen der Salpeterlösung mittelst Salpetersäure haltigem Wasser gewichtsanalytisch bestimmt werden kann.

Die Vorzüge, welche eine gute maafsanalytische Operation durch Zeitersparnifs und Leichtigkeit der Ausführung darbietet, haben mich bewogen auch die Wolframsäure in den Kreis der Mafs-Analyse zu ziehen. Die bekannte Erscheinung, dafs Wolframsäure durch reducirende Substanzen, wie Eisen oder Zink, eine schön blaue Färbung annimmt, die an der Luft durch Oxydation allmählich wieder verschwindet, liefs mich glauben, dafs es vielleicht möglich seyn würde, dieselbe durch Reduction und Oxydation zu bestimmen, besonders als vorläufige Versuche das günstige Resultat ergaben, dafs eine durch Zink bei überschüssiger Salzsäure reducirte Lösung von wolframsaurem Alkali beim Hinzufügen von doppelt chromsaurem Kali ihre blaue Färbung verlor, während sich der Ueberschufs der Chromsäure durch Tüpfeln mit Jodkaliumkleister leicht ermitteln liefs. Bei Anstellung von genauern Versuchen ergab es sich jedoch, dafs der Vorzug, den das chromsaure Kali wegen der Unveränderlichkeit seines Titres hat, durch den Nachtheil der grünen Farbe des Chromoxydsalzes, der Unannehmlichkeit des Tüpfelns und der Bereitung frischen Jodkaliumkleisters vor jeder Operation völlig compensirt wird.

Ich griff daher zum Chamäleon und erhielt damit auch

1) Scheibler, Journ. f. pract. Chem. 1861, Bd. 83, S. 281.

eine viel präcisere Endreaction. Ein halber Tropfen desselben genügte zur dauernd rothen Färbung der Flüssigkeit; noch glatter und besser ging die Oxydation vor sich, als ich fand, dafs Phosphorsäure und ihre Salze die Fällung der Wolframsäure durch andere Säuren hindern, und durch Hinzufügung von gewöhnlich phosphorsaurem Natron zu der zu reducirenden Flüssigkeit die vorher unlöslich umherschwimmenden Flocken der Wolframsäure beseitigt hatte. Gute Resultate erhielt ich auch, als ich zur weitern Prüfung mit untitrirten Flüssigkeiten genauere Versuche anstellte. Als nämlich eine gröfsere Quantität von gelöster Wolframsäure reducirt und wieder oxydirt wurde, zeigten sich die Resultate nicht nur völlig constant, sie schwankten um 0,1 bis 0,2 CC. im verbrauchten Chamäleon, sondern auch sehr gut proportional, gleichgültig, ob die Flüssigkeit concentrirt oder mit viel Wasser verdünnt angewendet wurde. Dennoch scheiterte diese sonst so befriedigende Methode an dem einen Umstande, dafs es unmöglich war, die Wolframsäure durch Zink oder einen andern reducirenden Körper bei den zu verschiedener Zeit angestellten Versuchen stets auf ein und dieselbe, völlig bestimmte und feste Oxydationsstufe zurückzuführen. Alle Versuche, deren ich eine sehr grofse Menge, mannigfach modificirt, angestellt habe, ergaben negative Resultate. Die Schwankungen betrugen mitunter nur 0,2 bis 0,3 Proc., mitunter wiederum bei anscheinend denselben Verhältnissen 2,3 bis 5 Proc. von der angewendeten Wolframsäure. Von Einfluſs auf die Reaction zeigten sich:

1. Die Menge des zur Reduction verwendeten Zinks.

2. Der Umstand, ob das Zink allmählich oder auf einmal in kleinen Stückchen hinzugefügt wird.

3. Die Zeitdauer der Einwirkung des Zinks. Bei längerem Stehen, 8 bis 24 Stunden, scheidet sich auf dem überschüssigen Zink ein brauner Niederschlag, wahrscheinlich von Wolframoxyd, aus und man hat alsdann, da er sich von dem Zink nicht entfernen läfst, weniger Chamä-

leen nöthig, als wenn das Zink nur ½ oder 1 Stunde eingewirkt hat.

Die einmal reducirte Flüssigkeit ist der Oxydation durch die Luft wenig unterworfen, denn auf ein Uhrglas gegossene Flüssigkeit war noch nach fünftägigem Stehen an freier Luft fast ebenso intensiv blau als vorher. Sollte es gelingen, die Wolframsäure auf eine feste und bei verschiedenen Versuchen stets mit gleicher Sicherheit darstellbare Oxydationsstufe zurückzuführen, so würde diese Methode, sie maafsanalytisch zu bestimmen, die schönste und eleganteste seyn.

Ferner versuchte ich die Wolframsäure durch Titrirung mittelst Silberlösung zu bestimmen, erhielt jedoch auch hierbei keine befriedigenden Resultate, weil durch Bildung von Doppelsalzen die Fällung der sämmtlichen Wolframsäure verhindert wird, und aufserdem die Flüssigkeit sich sehr schlecht klärt.

Im essigsauren Bleioxyd endlich fand ich die passende Substanz, die allen Anforderungen, die man an sie stellt Genüge leistet:

1. Die Maafsflüssigkeit ist leicht zu bereiten, da völlig reines, essigsaures Bleioxyd, welches genau der Formel $PbO, \overline{Ac} + 2\,aq.$ entspricht, im Handel vorkommt.

2. Die wässrige Lösung desselben ist unveränderlich.

3. Das Salz hat ein sehr hohes Atomgewicht.

4. Der beim Fällen entstehende Niederschlag von wolframsaurem Bleioxyd ist schwer und krystallinisch, und läfst, sobald man sich der Gränze der völligen Ausfällung nähert, nach dem Aufkochen die überstehende Flüssigkeit ganz hell und klar.

5. Das wolframsaure Bleioxyd ist ein sehr unlöslicher Körper, wie folgende Versuche beweisen:

A) 10 CC. einer Lösung von wolframsaurem Natron $= NaO, WO^3 + 2\,aq.$, die in 1 CC. genau $\frac{1}{10000}$ Atom $= 0{,}0116$ Gr. WO^3 enthielt, wurden im Kolben bei $17\frac{1}{2}°$ C. mit Wasser auf 300 CC. verdünnt. Bei allen Versuchen wurden zu der Lösung der Wolframsäure 1 bis 2 Tropfen

Bleilösung hinzugefügt. Die auf 300 CC. verdünnte Lösung der Wolframsäure heifse Lsg *a*.

a) Lsg. *a* = 1 Th. WO^3 in 2586 Th. Aq. gelöst. Sogleich ein weifser Niederschlag.

b) 5 CC. Lsg. *a* + 5 CC. = 1 WO^3 in 5173 Aq. Starke weifse Trübung.

c) 5 CC. Lsg. *a* + 10 CC. Aq. = 1 WO^3 in 7758 Aq. Weifse Trübung.

d) 2,5 CC. Lsg. *a* + 7,5 CC. Aq. = 1 WO^3 in 10344 Aq. Starkes Opalisiren.

e) 2 CC. Lsg. *a* + 10 CC. Aq. = 1 WO^3 in 15516 Aq. Ebenso starkes Opalisiren.

f) 1 CC. Lsg. *a* + 9 CC. Aq. = 1 WO^3 in 25860 Aq. Nach $\frac{1}{2}$ Minute deutliches Opalisiren, das beim Aufkochen noch stärker wurde.

g) 0,5 CC. Lsg. *a* + 9,5 CC. Aq. = 1 WO^3 in 51720 Aq. Kalt kaum erkennbares Opalisiren, das beim Kochen ganz deutlich wird.

h) 0,5 CC. Lsg. *a* + 12,5 CC. Aq. = 1 WO^3 in 67236 Aq. Beim Kochen deutliches Opalisiren. Dafs das Opalisiren nur vom wolframsauren Bleioxyd herrührte, bewiesen bei *g*) und *h*) angestellte Gegenversuche; beide Lösungen für sich aufgekocht blieben völlig klar, geben aber sogleich beim Vermischen das Opalisiren.

B) 5 CC. der Lsg. *a* wurden im Kolben auf 100 CC. bei $17\frac{1}{2}^0$ C. verdünnt. Die Lösung heifse Lsg. *b*.

i) 8 CC. Lsg. *b* + 8 CC. Aq, = 1 WO^3 in 103440 Aq. Beim Kochen sehr schwaches Opalisiren.

k) 4 CC. Lsg. *b* + 8 CC. Aq. = 1 WO^3 in 155160 Aq. Beim Vermischen eben noch erkennbares Opalisiren; nach 3 bis 4 Minuten und Aufkochen deutlich. Beim Gegenversuch ohne Wolframsäurelösung blieb die Flüssigkeit klar.

l) 2,5 CC. Lsg. *b* + 7,5 CC. Aq. = 1 WO^3 in 206880 Aq. Nicht mehr, selbst beim Kochen mit völliger Gewifsheit wahrnehmbares Opalisiren.

m) 2,5 CC. Lsg. *b* + 10 CC. Alles blieb völlig klar.

Die Gränze der Fällbarkeit liegt also ungefähr bei einer Verdünnung von $1WO^3$ auf 200000 Th. Aq.

Da die eben angegebenen Eigenschaften das essigsaure Bleioxyd zur Ausfällung der Wolframsäure geeignet erscheinen liefsen, so stellte ich zuerst mit Flüssigkeiten von unbestimmtem Gehalt, der jedoch in allen Versuchen derselbe blieb, Proben an, deren Resultate im Folgenden dargelegt sind:

1. Die Resultate sind constant.

Die Lösung der Wolframsäure wurde zuerst zum Kochen erhitzt, dann Bleilösung, die durch Essigsäure schwach sauer war, hinzugefügt, bis nach dem Abfiltriren einzelner Portionen keine Fällung mehr wahrgenommen werden konnte.

50 CC. WO^3-Lösung erforderten 10,6 CC. Bleilösung
50 » » » 10,65 » »
50 » » » 10,65 » »

2) Die Resultate sind constant, auch wenn die Lösung der Wolframsäure durch Essigsäure sauer ist.

50 CC. WO^3-Lösung schwach sauer erforderten 10,60 CC. Bleilösung
50 CC. WO^3-Lösung stark sauer erforderten 10,65 CC. Bleilösung.

3. Die Resultate sind proportional.

25 CC. WO^3-Lösung erforderten 5,4 CC. Bleilösung
50 » » » 10,65 » »
60 » » » 12,8 » »
80 » » » 17,05 » »
100 » » » 21,15 » »

2 : 2 : 2,4 : 3,2 : 4 = 1,01 : 2 : 2,4 : 3,2 : 3,97

4) Die Resultate sind bei Verdünnungen constant. Bei den beiden folgenden Versuchen wurde auch eine verdünnte Bleilösung angewendet, und zwar waren 20 CC. bei 17½° C. auf 100 CC. verdünnt worden.

20 CC. WO^3-Lösung + 150 CC. Aq. erforderten 21,3 CC. verd. Bleilösung, gleich 4,26 conc. Bleilösung.

10 CC. WO^3 Lösung + 100 CC. Aq. erforderten 10,62 CC. verd. Bleilösung, gleich 2,12 conc. Bleilösung.

5) Die Resultate sind bei Verdünnungen auch proportional, wie die beiden letzten Versuche zugleich beweisen.

Nach diesen Versuchen stellte ich mir als Maafsflüssigkeiten folgende zwei dar, deren jede in 1 Litre $\frac{1}{10}$ Atom Substanz hält, also zehntelnormal ist.

a) 11,600 Gr. reine, geglühte Wolframsäure wurden mit Hülfe von kohlensaurem Natron gelöst, der Ueberschufs des kohlensauren Salzes durch vorsichtiges Hinzufügen von Essigsäure zu der im Kolben befindlichen, heifsen Flüssigkeit zerstört, und die Lösung mit Essigsäure ganz schwach angesäuert, schliefslich bei $17\frac{1}{2}^{\circ}$ C. zu 1 Litre verdünnt.

b) 18,950 Gr. klare, durchsichtige Krystalle von essigsaurem Bleioxyd wurden zu 1 Litre gelöst und mit Essigsäure ganz schwach angesäuert. Die Krystalle waren aus käuflichem Bleizucker ausgelesen und erwiesen sich bei der Prüfung als völlig rein. 2,4757 Gr. derselben liefsen beim Verbrennen mit salpetersaurem Ammon 1,4493 Gr. Bleioxyd = 58,60 Proc. statt der berechneten 58,85 Proc.

Die so dargestellten Flüssigkeiten zeigten sich als völlig gleichwerthig, ein Beweis dafür, dafs die Zersetzung nach Atomen vor sich geht. Es wurden 50 CC. der Wolframsäurelösung mit 50 CC. Bleilösung versetzt und aufgekocht; in der überstehenden, völlig klaren Flüssigkeit konnte weder Wolframsäure noch Blei nachgewiesen werden. Bei Anwendung von je 100 CC. war das Resultat dasselbe. Alle Versuche, die ich anstellte, um das Ende der Fällung durch Hinzufügen einer Substanz als Indicator noch bequemer erkennen zu lassen, schlugen fehl. Jodkalium, chromsaures Kali erwiesen sich als völlig unbrauchbar; selbst bei Anwendung von Schwefelnatrium und Tüpfeln war die Endreaction nicht so scharf, als beim Beobachten der Flüssigkeit selbst. Erst wenn ziemlich viel Bleilösung überschüssig war, zeigte sich die braune Zone, wo die beiden Tropfen sich berührten. Für die Bestimmung der Wolframsäure durch Maafs-Analyse würde sich wohl folgendes Verfahren am besten eignen:

1. Die löslichen Salze der gewöhnlichen Wolframsäure

würde man, falls sie es noch nicht sind, durch Hinzufügung von kohlensaurem Natron in einfachsaure verwandeln, dann durch etwas Essigsäure das überschüssige kohlensaure Natron zerstören und die Flüssigkeit damit schwach ansäuren, aufkochen und mit Bleilösung fällen. Die unlöslichen Salze, besonders wenn sie durch Säuren schwer zersetzt werden, schliefst man durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron auf, löst das entstandene wolframsaure Natron in Wasser, und verfährt dann wie oben.

2. Bei denjenigen metawolframsauren Salzen, deren Base auch mit der gewöhnlichen Wolframsäure ein lösliches Salz bildet, wird man den ersten unter 1. angegebenen Weg befolgen. Diejenigen, bei welchen durch das Hinzufügen von kohlensaurem Natron Wolframsäure als gewöhnlich wolframsaures Salz unlöslich fallen kann, werden am besten mit kohlensaurem Natron geschmolzen und dann nach dem Lösen in Wasser, wie oben behandelt.

Die auf eine dieser Art und Weise erhaltene Lösung der Wolframsäure wird zum Kochen erhitzt und mit $\frac{1}{10}$ Bleilösung gefällt. Das nahende Ende der Operation erkennt man daran, dafs die Flüssigkeit sich schnell klärt, indem der Niederschlag schwer und krystallinisch wird und sich leicht zu Boden setzt. Man giebt alsdann die Bleilösung tropfenweise zu, so lange man einen Niederschlag bemerkt. Hierbei ist es zweckmäfsig 3 bis 4 mit Trichtern und Filtern versehene Reagenzgläser bereit zu haben, um, wenn die Beobachtung in dem Gesammtquantum der Flüssigkeit anfängt schwieriger zu werden, kleine Portionen, die absolut klar durchlaufen, prüfen zu können. Entsteht bei Hinzufügung eines halben Tropfen Bleilösung noch eine Trübung, so gieſst man alles wieder zurück, und prüft von Neuem. Die Anzahl der verbrauchten CC. Bleilösung, mit 0,0116 multiplicirt, giebt die Menge der in der Flüssigkeit enthaltenen Wolframsäure an.

1. 0,580 Gr. reine, geglühte Wolframsäure wurden gelöst und titrirt; sie erfordeten 50,05 CC. $\frac{1}{10}$ Bleilösung $50{,}05 \times 0{,}0116 = 0{,}5806$ Gr. gefunden.

2. 0,4290 Gr. reine Wolframsäure erforderten beim Titriren 37,1 CC. $\frac{1}{10}$ Bleilösung. $37{,}1 \times 0{,}0116 = 0{,}4304$ Gr. gefunden.

III. Ueber das Atomgewicht des Wolframs.

Bis zum Jahre 1850 stellte aufser Berzelius[1]), dessen aus nur zwei, schlecht übereinstimmenden Versuchen gefundene Zahl bis zu jener Zeit Gültigkeit hatte, Niemand weiter über das Atomgewicht des Wolframs Versuche an. Seitdem jedoch ist eine ganze Reihe derselben, welche Schneider eröffnete und die meistens die Zahl 92 als die richtige für das Atomgewicht des Wolframs darthaten, publicirt worden. Da jedoch nicht alle Forscher derselben Meinung sind, so unternahm auch ich eine Reihe von Versuchen über denselben Gegenstand und, da dieselben, obgleich auf eine andere Art und Weise angestellt, dennoch die Zahl $W = 92$ ergeben haben, so halte ich diese für die wirklich richtige.

Bei meinen Arbeiten über wolframsaure Salze lernte ich zwei kennen, die allen Anforderungen, welche man an dieselben behufs der Ermittelung des Atomgewichts einer Substanz stellt, Genüge leisten. Diese beiden Salze sind das einfach wolframsaure Eisenoxydul und Silberoxyd. Sie lassen sich beide leicht völlig rein darstellen; ihre Analyse ist eine sehr einfache; die Methode der Trennung und Bestimmung der Basis eine der genausten, die wir kennen; beide Salze sind nicht hygroskopisch und können daher mit Ruhe gewogen werden. Beim Silbersalz tritt noch der günstige Umstand hinzu, dafs, wegen des hohen Atomgewichts des Silbers, der bei seiner Bestimmung gemachte Fehler von geringerem Einflufs auf die Bestimmung des Atomgewichts des Wolframs ist. Da eine genaue und umsichtige Prüfung ergab, dafs sie beide nur aus Wolframsäure und der resp. Basis beständen, so wurde die letztere allein bestimmt. Um zur Atomgewichtsbestimmung geeignete Präparate zu erhalten, mufs man bei der Darstellung derselben gewisse

1) Diese Annalen Bd. 4, S. 152, 1824.

Vorsichtsmaafsregeln anwenden, die ich an dem betreffenden Orte angeben werde.

Als Resultat meiner Versuche ergiebt sich W = 91,976, wofür ich ohne Bedenken W = 92 setze.

A. Analysen des Eisensalzes.

Zur Darstellung von einfach wolframsaurem Eisenoxydul von der Formel FeO, WO^3 erhitzt man ein Gemenge von 1 Th. wasserfreiem, einfach wolframsaurem Natron mit 2 Th. wasserfreiem Eisenchlorür und 2 Th. Chlornatrium in einem Porcellantiegel bis zur hellen Rothgluth, füllt dann den Ofen mit kleinem Coaks völlig an, und verschliefst, wenn derselbe ganz in Gluth gerathen ist, die Züge des Ofens bis auf eine kleine Oeffnung, um das sich bildende Kohlenoxyd zu entfernen. Nach etwa 1 Stunde verschliefst man auch diese völlig und überläfst den Ofen sich selbst. Nach 7 bis 8 Stunden ist der Tiegel so weit erkaltet, dafs man ihn herausnehmen und nach dem Erkalten die geschmolzene Masse in Wasser lösen kann, was man am besten dadurch bewerkstelligt, dafs man den Tiegel, mit dem Boden nach oben gewendet, in ein hohes Glas mit Wasser hängt. Die beim Lösen zurückbleibenden dicken und 5 bis 6^{mm} langen Krystalle werden durch Schlämmen mit Wasser von allen feinen, nicht deutlich krystallisirten Theilen, etwaigem, durch Zersetzung des Eisenchlorürs gebildetem Eisenoxyd etc. befreit. Wenn das Wasser sich nicht mehr trübt, übergiefst man die Krystalle mit verdünnter Salzsäure und läfst sie damit bei 30° bis 35° C. einige Stunden stehen. Es löst sich ein wenig Eisenoxyd, während die Krystalle völlig unangegriffen bleiben. Nach dem Waschen mit Wasser digerirt man sie, um etwaige Wolframsäure zu lösen mit kohlensaurem Natron, pulvert sie alsdann gröblich und behandelt sie noch einmal ebenso. Das erhaltene gröbliche Pulver ist schwarz und stellt reines wolframsaures Eisenoxydul dar. Die Analyse desselben wurde auf folgende Weise ausgeführt.

Die im Achatmörser zum feinsten Pulver zerriebenen

Krystalle wurden in einem grofsen Platintiegel, dessen Gewicht bekannt war, bei etwa 200° C. scharf getrocknet, im Exsiccator erkaltet, gewogen: hierauf in demselben Platintiegel mit dem 4 bis 6fachen Gewicht wasserfreien, kohlensauren Natrons überschüttet, mit einem Platindraht gehörig gemengt und bei langsam gesteigerter Hitze geschmolzen, was stets ohne jedes Spritzen vor sich ging; ein einfacher Bunsen'scher Brenner gab stets ausreichende Hitze. Die Masse wurde ¼ Stunde lang im Flufs erhalten, dann nach dem Erkalten im Tiegel selbst mit Wasser übergossen und erwärmt. Das entstandene wolframsaure Natron und der Ueberschufs des kohlensauren Salzes lösten sich, während Eisenoxyd zurückblieb. Dasselbe wurde völlig mit Wasser ausgewaschen, und hierbei auf 1 bis 1,5 Gr. wolframsaures Eisenoxydul etwa 1 Litre Wasser verbraucht, da sonst leicht etwas wolframsaures Natron beim Eisenoxyd bleibt. Dasselbe wurde auf dem Filter mit heifser Salzsäure übergossen, wobei es sich fast völlig löste. Um jedoch jede Spur desselben in Lösung zu bringen, wurde sowohl das Filter als der Platintiegel mit Salzsäure ausgekocht und die erhaltene Lösung zur ersten filtrirt. Nach der Reduction des Oxydsalzes mittelst Zink zu Oxydul wurde dieses mit Chamäleon titrirt. Das Zink wirkte stets noch ¼ Stunde ein, nachdem die Flüssigkeit völlig farblos geworden war, und die erhaltene Eisenoxydullösung gab mit Rhodankalium keine rothe Färbung. Bei Anstellung der Versuche waren folgende Vorsichtsmaafsregeln getroffen worden.

a) Sämmtliche Filter, die gebraucht wurden, waren durch Digestion mit verdünnter Salzsäure von ihrem Gehalt an Eisen befreit worden.

b) Da es unmöglich war, ein von Eisen völlig freies Zink zu erhalten, so wurde durch Analyse die Menge desselben bestimmt, und zur Reduction gewogene Mengen angewendet. Das als chemisch rein verkaufte Zink (das reinste aus fünf oder sechs verschiedenen Quellen) enthielt Zink, Blei, Kohle und Eisen.

α) 11,956 Gr. desselben in reiner, verdünnter Schwefel-

säure gelöst, gebrauchten 0,6 CC. eines Chamäleons, von welchem 1 CC. 0,005229 Gr. Eisen entsprach. Dieſs macht nach Abzug der zur Röthung nöthigen Menge 0,003174 Gr. entsprechend 0,027 Proc. Eisen. Der Rückstand aus Blei und Kohle bestehend wog 0,204 Gr. entsprechend 1,706 Proc.

β) 10,008 Gr. desselben Zinks, ebenso behandelt, erforderten 0,55 CC. Chamäleon, entsprechend 0,002876 Gr. = 0,0287 Proc. Eisen. Der Rückstand wog 0,176 Gr. entsprechend 1,758 Proc. Blei und Kohle.

c) Das zum Verdünnen angewendete Wasser war durch Auskochen von Luft befreit und im verschlossenen Gefäſs erkaltet.

d) Das zum Titriren verwendete Chamäleon war nach Mohr's Vorschrift bereitet, und der Ueberschuſs des Kalis durch Kohlensäure abgestumpft. Der Titre desselben wurde unter möglichst denselben Verhältnissen bestimmt, unter denen es zur Anwendung kam, d. h. es wurde dem zur Feststellung des Titres dienenden Eisendoppelsalz, von der Formel $FeO, SO^3 + NH^4O, SO^3 + 6aq$, soviel Salzsäure hinzugefügt als in der Lösung des Eisenoxydes und Zinks überschüssig war. Das Chamäleon wurde in concentrirter = $\frac{1}{1}$ und zehnfach verdünnter = $\frac{1}{10}$ Lösung angewendet. Letztere war durch Herausstechen von 100 CC. concentrirter Lösung und Verdünnen auf 1 Liter bei $17\frac{1}{2}^0$ C. dargestellt.

e) Zur Hervorbringung einer röthlichen Färbung von bestimmter Intensität waren für 100 CC. Flüssigkeit 1,0 CC. $\frac{1}{10}$ Chamäleon, entsprechend 0,1 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung nöthig.

f) Der Titre des Chamäleon hatte sich während der vier- bis fünftägigen Untersuchung nicht geändert, wie folgende Feststellungen des Titres beweisen.

1. Titre vor Anstellung der Versuche.

α) 1,3688 Gr. Eisendoppelsalz erforderten, nach Abzug der zur Röthung nöthigen Menge, 37,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung und 4,5 CC. $\frac{1}{10}$ Lösung, zusammen 37,45 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung.
1 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung entspricht also 0,00671322 Gr. Eisenoxydul.

β) 1,5510 Gr. Eisendoppelsalz erforderten 41,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung und 14,45 CC. $\frac{1}{10}$ Lösung, zusammen 42,445 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung.

1 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung entspricht 0,0067117 Gr. Eisenoxydul.

γ) 1,1132 Gr. Eisendoppelsalz brauchten 30,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung und 4,6 GC. $\frac{1}{10}$ Lösung, zusammen 30,46 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung.

1 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung entspricht 0,00671258 Gr. Eisenoxydul.

Das Mittel aus den drei Versuchen ist: 1 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung entspricht 0,0067125 Gr. Eisenoxydul.

2. Titre nach Beendigung der Versuche.

δ) 1,2685 Eisendoppelsalz erforderten 34,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung und 7,1 CC. $\frac{1}{10}$ Lösung zusammen 34,71 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung.

1 CC. also entsprechend 0,0067124 Gr. Eisenoxydul.

Erste Versuchsreihe.

3,9931 Gr. wolframsaures Eisenoxydul wurden, wie oben angegeben, aufgeschlossen; die Eisenoxydlösung mit 30 Gr. Zink reducirt und alsdann auf 500 CC. verdünnt. Von dieser Lösung waren bis zur Röthung für

100 CC. nöthig 28,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung + 6,2 $\frac{1}{10}$ Lösung = 28,62 $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

100 CC. nöthig 28,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung + 6,3 $\frac{1}{10}$ Lösung = 28,63 $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

100 CC. nöthig 28,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung + 6;1 $\frac{1}{10}$ Lösung = 28,61 $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

100 CC. nöthig 28,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösung + 6,2 $\frac{1}{10}$ Lösung = 28,62 $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

Im Mittel erforderten also 100 CC. Eisenlösung 28,62 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleonlösung, also würden

500 CC. Eisenlösung brauchen 143,1 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon entsprechend 0,96055875 Gr. Eisenoxydul.

Hiervon sind abzuziehen für 30 Gr. Zink und 0,5 CC. zur Röthung nöthiger $\frac{1}{1}$ Lösung 0,01074 Gr. + 0,00335625 Gr. = 0,01409625 Gr. Danach enthalten 500 CC. Eisenlösung

0,9464625 Gr. Eisenoxydul oder das wolframsaure Eisenoxydul 23,702 Proc. FeO.

Zweite Versuchsreihe.

5,1691 Gr. wolframsaures Eisenoxydul wurden aufgeschlossen. Die durch 30 Gr. Zink reducirte Eisenlösung wurde auf 500 CC. verdünnt und lieferte folgende Resultate:

100 CC. derselben brauchen 36,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg.
+ 8,45 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 36,845 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.
100 CC. derselben brauchen 36,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg.
+ 8,44 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 36,844 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.
100 CC. derselben brauchen 36,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg.
+ 8,45 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 36,845 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.
150 CC. derselben brauchen 55,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg.
+ 2,67 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 55,267 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

Es erfordern also 100 CC. Eisenlösung im Mittel 36,844... CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon, 500 CC. also 184,222 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon entsprechend 1,23659163 Gr. FeO, und nach Abzug für Röthung und Zink 1,22249538 Gr. FeO.

Hiernach enthält das wolframsaure Eisenoxydul 23,65 Proc. FeO.

Dritte Versuchsreihe.

2,7587 Gr. wolframsaures Eisenoxydul wurden aufgeschlossen, die Flüssigkeit nach der Reduction mittelst 20 Gr. Zink auf 300 CC. verdünnt. Es waren hiervon für

100 CC. nöthig 32,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg. + 8,85 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg.
= 32,885 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon
100 CC. nöthig 32,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg. + 8,85 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg.
= 32,885 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

Es erfordern also 300 CC. Eisenlösung 98,665 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon, entsprechend 0,66222169 Gr. Eisenoxydul. Nach Abzug für 20 Gr. Zink und 0,3 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon = 000716 Gr. + 0,00201375 Gr. = 0,00917375 Gr. enthalten also 2,7587 Gr. wolframsaures Eisenoxydul 0,65304794 Gr. Eisenoxydul = 23,672 Proc. FeO.

Vierte Versuchsreihe.

4,9363 Gr. wolframsaures Eisenoxydul wurden aufgeschlossen; die mit 30 Gr. Zink reducirte Eisenlösung auf 500 CC. verdünnt. Es waren von dieser Lösung für

100 CC. nöthig 35,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg. + 2,65 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 35,265 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

100 CC. nöthig 35,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg. + 2,60 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 35,260 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

100 CC. nöthig 35,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg. + 2,60 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 35,260 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

100 CC. nöthig 35,0 CC. $\frac{1}{1}$ Lösg. + 2,65 CC. $\frac{1}{10}$ Lösg. = 35,265 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon.

Im Mittel erfordern also 100 CC. Eisenlösung 35,2625 CC $\frac{1}{1}$ Chamäleon; 500 CC. Eisenlösung also 176,3125 CC. $\frac{1}{1}$ Chamäleon, entsprechend 1,18350866 Gr. Eisenoxydul, und nach Abzug für Röthung und Zink 1,16941241 Gr. = 23,69 Proc. Eisenoxydul.

Berechnet man aus den Resultaten dieser vier Versuchsreihen unter der Annahme, dafs im wolframsauren Eisenoxydul auf 1 Atom Eisenoxydul ein Atom Wolframsäure enthalten ist, nach dem Ansatz, *a* Proc. Eisenoxydul brauchen *b* Proc. Wolframsäure zur Bildung von einfach wolframsaurem Eisenoxydul, also brauchen 36 Th. = ein Atom Eisenoxydul *x* Th. = 1 Atom Wolframsäure, das Atomgewicht der Wolframsäure, so erhält man durch Subtraction von 3O = 24 auch das des Wolframs. Es ergiebt sich:

	Eisenoxydul		1 At. Wolframsäure		1 At. Wolfram
I.	23,702	Proc. =	115,8935	=	91,8935
II.	23,650	» =	116,2199	=	92,2199
III.	23,672	» =	116,0783	=	92,0783
IV.	23,690	» =	115,9603	=	91,9603
Mittel	23,6785	Proc. =	116,038	=	92,038

B. Analysen des Silbersalzes.

Durch Fällung von einfach wolframsaurem Natron mit salpetersaurem Silberoxyd erhält man einen amorphen, ins Gelbliche ziehenden Niederschlag von wolframsaurem Sil-

beroxyd, der sich, ohne milchig zu werden, völlig auswaschen läfst und nach dem Trocknen der Formel AgO, WO^3 entspricht. Man mufs die Vorsicht anwenden sowohl Fällung als Waschung bei Ausschlufs des Tageslichtes vorzunehmen, indem die Verbindung sonst durch Zersetzung leicht etwas grau wird. Wenn man jedoch bei Lampenlicht oder im Dunkeln arbeitet, so erhält man nach dem Waschen und Trocknen, zuletzt bei 110° bis 120° C., weifses, amorphes wolframsaures Silberoxyd.

Das Salz ist durchaus nicht hygroskopisch und kann mit Ruhe gewogen werden; es schmilzt noch weit unter Rothgluth zu einer dunkelhyacinthrothen Flüssigkeit, welche zu einer sehr krystallinischen gelben Masse erstarrt; zugleich scheidet sich beim Schmelzen, wahrscheinlich weil nicht absolut jedes Staubpartikelchen beim Waschen etc. abgehalten werden kann, ein unmefsbar dünnes, irisirendes Häutchen von metallischem Silber auf der Oberfläche aus. Das krystallinische Salz ist durch Reagentien schwer zersetzbar, das amorphe leicht, weshalb ich bei den Analysen stets das letztere anwendete. Der Silbergehalt des Salzes kann bestimmt werden entweder durch Zersetzung desselben mit kochender Salpetersäure und Titrirung mittelst Chlornatrium oder durch Zersetzung mittelst heifser Chlornatriumlösung und Wiegen des entstandenen Chlorsilbers Nach der ersten Methode habe ich nur zwei Versuche angestellt, da diese Art der Analyse eine sehr unangenehme ist. Die abgeschiedene Wolframsäure nämlich setzt sich an den Boden des Glaskölbchens, in welchem man die Operation vornimmt, sehr fest an, und schon $\frac{1}{4}$ Stunde nach dem Beginn des Versuchs erfolgt, selbst bei Anwendung von allerlei Cautelen, ein Stofsen der Flüssigkeit, welches bald explosionsartig wird. Von zehn angestellten Versuchen gingen mir, trotz aller Vorsicht, acht durch Spritzen verloren. Ohne Fehlerquelle, mit Leichtigkeit auszuführen, ist dagegen die zweite Methode. Beim Uebergiefsen des amorphen Silbersalzes mit Kochsalzlösung setzt sich dasselbe sogleich in Chlorsilber und wolframsaures Natron

um, und das erstere ballt sich zu dicken Flocken zusammen. Da die Kochsalzlösung überschüssig angewendet wird, so kann sie etwas Chlorsilber lösen; um diefs zu vermeiden, verdünnte ich nach der Zersetzung die Flüssigkeit mit viel Wasser, erhielt jedoch nur 1 mal eine kaum bemerkenswerthe Spur von Chlorsilber hierdurch. Sowohl bei der Titrirung als bei der Wägung in den einzelnen Versuchen wurden alle bei solchen Fällen zu beachtenden Vorsichtsmafsregeln angewendet.

I. 1,053 Gr. wolframsaures Silberoxyd wurden durch Salpetersäure zersetzt; die entstandene Lösung des salpetersauren Silberoxydes, nach der Neutralisation der Flüssigkeit mittelst kohlensauren Natrons, mit Kochsalzlösung unter Zusatz von chromsaurem Kali als Indicator titrirt, erforderte 45,0 CC. $\frac{1}{10}$ Kochsalzlösung und 4,0 CC. $\frac{1}{100}$ Lösung; zusammen 45,4 CC. $\frac{1}{10}$ Lösung, entsprechend 0,52664 Gr. Silberoxyd oder 50,013 Proc.

II. 2,856 Gr. wolframsaures Silberoxyd, ebenso wie bei I. behandelt, erforderten 123,0 CC. $\frac{1}{10}$ Lösung und 1,55 CC. $\frac{1}{100}$ Lösung, im Ganzen also 123,155 CC. $\frac{1}{10}$ Lösung, entsprechend 1,428598 Gr. Silberoxyd = 50,021 Proc.

III. 2,300 Gr. wolframsaures Silberoxyd lieferten bei der Zersetzung durch Kochsalz 1,4225 Gr. Chlorsilber, entsprechend 1,15014815 Gr. Silberoxyd = 50,0064 Proc.

IV. 2,965 Gr. wolframsaures Silberoxyd, wie bei III. zersetzt, gaben 1,8342 Gr. Chlorsilber, entsprechend 1,4830241 Gr. Silberoxyd = 50,0176 Proc.

V. 3,123 Gr. wolframsaures Silberoxyd, wie bei III. zersetzt, gaben 1,9324 Gr. Chlorsilber, entsprechend 1,5624227 Gr. Silberoxyd = 50,0296 Proc.

Berechnet man aus diesen Versuchen das Atomgewicht der Wolframsäure, respective des Wolframs, wie oben, so erhält man

	Silberoxyd		1 At. Wolframsäure		1 At. Wolfram	
I.	50,013	Proc. =	115,94	=	91,94	
II.	50,021	» =	115,90	=	91,90	
III.	50,0064	» =	115,97	=	91,97	
IV.	50,0176	» =	115,92	=	91,92	
V.	50,0297	» =	115,84	=	91,84	
	50,01752	Proc.	115,914		91,915	im Mittel.

Es ergab sich das Atomgewicht des Wolframs aus der Analyse

A) des wolframsauren Eisenoxyduls zu 92,038
B) des wolframsauren Silberoxydes zu 91,924
also im Mittel zu 91,976

wofür ich ohne Bedenken glaube setzen zu können:

$W = 92$.

IV. Metallisches Wolfram.

Ich habe das Metall auf mehrfache Art dargestellt. Durch Kohle reducirt erhielt ich es, indem ich reine Wolframsäure in die Mitte eines mit Kohle ausgefütterten Tiegels brachte und denselben dann 2¼ Stunden der höchsten durch kleinen Coaks in einem Windofen erzeugten Hitze, die weit über Nickelschmelzhitze ging, aussetzte. Das erhaltene Metall bildet eine zusammengesinterte, hellglänzende Masse von gelblichweifser Farbe, und besteht aus kleinen Krystallblättchen, die wahrscheinlich quadratische Prismen mit Octaëder und Endfläche sind. Das äufsere mehr an der Kohle liegende Metall hatte sich zu einer Kruste vereinigt, während das innere locker war. Die Dichte desselben fand ich zu 17,20 bei 17½° C.; denn 7,748 Gr. Metall verloren beim Wiegen unter Benzin von 0,850 specifischem Gewicht 0,391 Gr., entsprechend 0,44824 Gr. Wasser von 17½° C. Diese sowie alle übrigen vorkommenden specifischen Gewichtsbestimmungen geschahen durch Wiegen unter Benzin, dessen Dichte mittelst eines freien Pycnometers genau bestimmt worden war. Dasselbe faſste nämlich bei 17½° C. im Mittel aus 10 Versuchen, die um 0,002 bis 0,003 Gr. schwankten, 10,0168 Gr. Wasser und

8,5224 Gr. Benzin im Mittel aus 5 Versuchen, deren gröfste Differenz 0,0015 Gr. war, woraus sich die Dichte des Benzins zu 0,850 berechnet. Bei Anwendung von Benzin statt Wasser kommt man nicht nur schneller zum Ziele, sondern erhält auch viel genauere und übereinstimmendere Resultate, weil die Luft leichter entweicht, die Substanz nicht aufgeschlemmt wird und der ganze Apparat leichter beweglich ist.

Eine andere Methode der Reduction ist die durch Wasserstoff. Ueber Wolframsäure, die sich auf einem Porcellanschiffchen in einem Porcellanrohr befand, wurde mittelst eines Kipp- und Mohr'schen Apparates Wasserstoffgas geleitet. Das Gas wurde zur Reinigung durch eine Flasche geleitet, die mit Sublimatlösung getränkte Leinwandlappen enthielt; dann ging es durch ein Chlorcalciumrohr und durch concentrirte Schwefelsäure; durch letztere um die Geschwindigkeit des Gasstromes beobachten zu können; hierauf gelangte es in die Porcellanröhre. Sobald der ganze Apparat mit Wasserstoff angefüllt war, was meistens innerhalb $\frac{1}{4}$ Stunde geschah, wurde die Röhre zum Glühen erhitzt und 2 bis 2½ Stunden in derselben erhalten. Es zeigte sich die angewendete Temperatur von Einfluſs sowohl auf das Aussehen als das specifische Gewicht des Metalls. Wendet man Weifsgluth an, so erhält man ein krystallinisches, schimmerndes Pulver, welches aus quadratischen Blättchen besteht, deren einzelne Flächen hell glänzen; es ist sehr hart, so daſs es Glas sehr leicht ritzt und besitzt die Dichte 16,6; denn 3,3965 Gr. desselben verloren beim Wiegen unter Benzin bei 17° C. 0,174 Gr. entsprechend 0,2047 Gr. Wasser. Wendet man nur helle Rothgluth an, so bildet das Wolfram ein dunkelbraunes Pulver, welches unter dem Mikroskop Ansätze zur Krystallbildung zeigt. Während das bei Weifsgluth dargestellte Metall sich beim Glühen an der Luft nur schwer oxydirt, verbrennt das letztere unter ziemlich starkem Erglimmen zu Wolframsäure. Nach Riche[1]) soll das bei

1) *Ann. de chim. et de phys.* 1857 (3) *T.* 50, *p.* 7.

heller Rothgluth erhaltene Wolfram nicht völlig rein seyn, sondern noch Oxydationsstufen enthalten, eine Ansicht, der ich nicht beipflichten kann, weil das Metall ein viel höhöheres specifisches Gewicht besitzt, als das bei Weifsgluth erhaltene: 3,754 Gr. desselben verloren nämlich bei 17° C. 0,173 Gr. unter Benzin, entsprechend 0,2035 Gr. in Wasser, besafsen sogleich die Dichte 18,447. Es scheint fast als ob dem bei höherer Temperatur erzielten Metalle ein niederes specifisches Gewicht eigen ist, als dem bei niederer Temperatur reducirten.

Amorphes Wolfram erhielt Riche[1]) bei der Reduction von rothem Wolframoxychlorid mittelst Wasserstoff. Das glanzlose braune Pulver von metallischem Wolfram hat keine Spur von krystallinischer Textur und ist dem amorphen Silicium und Bor ähnlich. Ein dem amorphen Wolfram von Riche wohl gleiches Product erhielt ich sowohl bei Reduction von Wolframsäure mittelst Natrium, als auch beim Durchleiten eines starken elektrischen Stromes durch glühend geschmolzenes einfach wolframsaures Natron.

In einem eisernen Tiegel wurden Stücke von Natrium mit Wolframsäure geschichtet, das ganze mit einer Decke von Chlornatrium bedeckt, und dann langsam erhitzt. Nach erfolgter Reaction wurde noch $\frac{1}{4}$ Stunde schwach roth geglüht, nach Lösung der Schmelze in Wasser etwaiges Eisen durch Salzsäure und Wolframsäure durch kohlensaures Natron entfernt, schliefslich das dunkelschwarzbraune Pulver mit Wasser gewaschen und getrocknet; beim Waschen und Trocknen jedoch oxydirt es sich theilweise und enthält deshalb, falls man nicht durch complicirte Apparate einer Sauerstoff-Aufnahme vorbeugt, stets Oxydationsstufen, wahrscheinlich Wolframsäure. Mein Metall nahm bei der Ueberführung in Wolframsäure nur 22,14 Proc. Sauerstoff auf, während reines Metall 26,087 Proc. desselben braucht. Es nahmen nämlich an Gewicht zu

1) S. ebendaselbst.

0,2558 Gr. Metall um 0,0567 Gr. entsprechend
22,16 Proc. Sauerstoff.
0,4416 Gr. Metall um 0,0977 Gr. entsprechend
22,12 Proc. Sauerstoff.

Das feine amorphe Pulver fängt beim Erhitzen an der Luft noch unter Rothgluth Feuer und verglimmt lebhaft unter Anschwellen auf das Doppelte bis Dreifache seines ursprünglichen Volumens zu Wolframsäure, die bei längerm Glühen völlig gelb wird.

Ein, dem durch Natrium dargestellten Metall, ganz ähnliches Product entsteht beim Durchleiten eines starken elektrischen Stromes durch glühend geschmolzenes einfach wolframsaures Natron. Ich erhitzte zu diesem Zwecke das Salz in einem Platintiegel zum Schmelzen, wozu ein einfacher Bunsen'scher Brenner genügt, und leitete mittelst eines Eisendrahtes als Anode den Strom in die Mitte des Salzes, während die Wandung des ganzen Platintiegels, vermittelst eines in das Platindreieck, worauf er steht, eingehakten Platindrahtes, als Kathode diente. Der elektrische Strom wurde durch sechs grofse Zink-Eisen Elemente erzeugt; das Zink stand in mit 10 Th. Wasser verdünnter Schwefelsäure, das Eisen in einem sehr gut und lange wirkenden Gemisch von Schwefelsäure, Salpetersäure und Kalisalpeter. Die wirksame Eisenfläche betrug ungefähr 300 Quadratzoll, die des Zinks 700 bis 800 Quadratzoll. Sobald der Strom geschlossen wurde, entwickelte sich mit Heftigkeit an den Wänden des Platintiegels eine grofse Menge von kleinen Bläschen, die reines Sauerstoffgas darstellten. Jedes derselben rifs bei seinem Entweichen aus dem Tiegel ein wenig der geschmolzenen Masse mit sich fort, und so war nach kurzer Zeit, selbst als ich statt des benutzten kleinen Platintiegels einen viel gröfseren anwendete, der Tisch mit tausenden von kleinen Kügelchen geschmolzenen Salzes bedeckt. An der Anode wurde Natrium abgeschieden, welches mit Puff und Knall verbrannte, und aufserdem noch ein schwarzer Körper in geringer Menge, der sich an den Eisendraht fest anlegte und von

Zeit zu Zeit von demselben entfernt wurde. Innerhalb 10 bis 12 Stunden erhält man davon etwa 4 bis 5 Gr. Um ihn von der anhaftenden Schmelze zu befreien, digerirt man ihn zuerst mit Wasser, dann, um etwaiges Eisen und Wolframsäure zu entfernen, mit verdünnter Salzsäure und kohlensaurem Natron, wäscht ihn mit Wasser und trocknet ihn nicht über 100° C. Das erste Product nahm bei dem Glühen gerade soviel Sauerstoff auf, als die Formel WO verlangt, nämlich 16,125 Proc. statt der berechneten 16,0 Proc., so dafs ich anfangs glaubte, eine neue Oxydationsstufe vor mir zu haben; die Producte von drei anderen Operationen jedoch, von denen jedes eine andere Menge Sauerstoff beim Glühen aufnahm, widerlegten diese Annahme und machen es wahrscheinlich, dafs der schwarze Körper metallisches Wolfram ist, dem durch Oxydation, beim Waschen verschiedene Mengen Wolframsäure anhängen. Einen Platindraht statt des Eisendrahtes kann man als Anode nicht anwenden, weil derselbe, wahrscheinlich durch das ausgeschiedene Natrium angegriffen, schon nach $\frac{1}{2}$ Stunde spröde wird, aufblättert und schliefslich in einzelnen Stücken abfällt. Hat man den Strom 2 bis 3 Stunden durch die Masse geleitet, so ist dieselbe ziemlich stark sauer, denn beim Hinzufügen von wasserfreiem kohlensaurem Natron wird eine grofse Menge Kohlensäure ausgetrieben, und ist es gut, dieselbe ungefähr alle $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden mit kohlensaurem Natron bis zum Aufhören des Schäumens zu versetzen, indem die Zersetzung alsdann leichter vor sich geht. Da man verhältnifsmäfsig nur sehr wenig von dem schwarzen Körper erhält und dieser auch in den sonstigen Eigenschaften mit dem durch Natrium reducirten Metall übereinstimmt, so scheint es, als ob derselbe metallisches Wolfram, erst entstanden durch secundäre Einwirkung des Natriums, ist. Derselbe ist von Natron frei, wird durch Salpetersäure leicht zu gelber Wolframsäure oxydirt und lieferte bei der Analyse, die stets durch Glühen des auf einem Platindeckel dünn ausgebreiteten Pulvers bis zur Gewichtsconstanz geschah, folgende Resultate.

1) Das zuerst dargestellte Präparat und zwar
0,500 Gr. nahmen zu um 0,0805 Gr. entsprechend
16,1 Proc. Sauerstoff.
0,665 Gr. nahmen zu um 0,1216 Gr. entsprechend
16,3 Proc. Sauerstoff.

2) Ein anderes Product.
0,529 Gr. nahmen zu um 0,125 Gr. entsprechend
23,63 Proc. Sauerstoff.
0,604 Gr. nahmen zu um 0,741 Gr. entsprechend
23,34 Proc. Sauerstoff.
0,4421 Gr. nahmen zu um 0,1029 Gr. entsprechend
23,27 Proc. Sauerstoff.

3) Ein drittes Product.
1,1703 Gr. nahmen zu um 0,2005 Gr. entsprechend
17,13 Proc. Sauerstoff.
0,8088 Gr. nahmen zu um 0,140 Gr. entsprechend
17,31 Proc. Sauerstoff.

4) Ein viertes Product.
0,425 Gr. nahmen zu um 0,0805 Gr. entsprechend
18,94 Proc. Sauerstoff.
0,399 Gr. nahmen zu um 0,0755 Gr. entsprechend
18,92 Proc. Sauerstoff.

Ein Versuch, Wolframsäure durch Eintragen in geschmolzenes Cyankalium zu reduciren, ergab ein durchaus negatives Resultat. Indem sich hierbei unter Aufschäumen ein Gas entwickelte, das mit blauer am Rande purpurner Flamme verbrannte, blieb die Masse unter Lösung der Wolframsäure völlig klar und lieferte nach dem Erkalten eine in Wasser gänzlich lösliche Schmelze. Es scheint sich also, unter Austreibung von Cyan und Oxydation des Kaliums zu Kali, wolframsaures Kali hierbei zu bilden.

V. Wolframsäure und ihre Hydrate.

Ueber die Darstellung der Wolframsäure aus dem Mineral Wolfram habe ich bereits bei der Verarbeitung des Erzes ausführlich gesprochen.

Die aus dem wolframsauren Ammon durch Säuren ab-

geschiedene und durch Glühen von ihrem Wasser befreite Wolframsäure stellt ein feines Pulver von der Farbe der Schwefelblumen dar. Glüht man krystallisirtes reines wolframsaures Ammoniumoxyd, von der Formel $3NH^4O$, $7WO^3 + 6aq$, auf einem Platinblech dünn ausgebreitet, so bleibt die Wolframsäure bekanntlich in Afterkrystallen des Salzes zurück. Hierbei zeigte sich mir eine sonderbare Erscheinung. Das zu diesem Versuch angewendete Salz, durch freiwillige Verdunstung einer wässrigen Lösung krystallisirt, bestand aus einem Gemenge von rhombischen Prismen mit schiefer Endfläche und Abstumpfungen der Seitenkanten und aus sechsseitigen Tafeln, die durch Verkürzung des Prisma entstanden waren. Während nun die langen Prismen eine schön gelbe Wolframsäure lieferten, gaben die mit ihnen gemengten Tafeln eine tief indigblaue, fast schwarze Säure, die sich auch bei heftigem und längere Zeit andauerndem Glühen hinsichtlich der Farbe nicht veränderte.

Die aus dem Natronsalz durch concentrirte Schwefelsäure abgeschiedene Wolframsäure stellt nach dem Glühen unter Zusatz von etwas Salpetersäure ein schwefelgelbes Pulver mit geringem Stich ins Grünliche dar, und ist von der wasserhaltenden in der Farbe nur wenig unterschieden.

Krystallisirte, wasserfreie Wolframsäure erhielt ich durch Zufall bei einem Versuch, der eigentlich die Reduction von Wolframsäure mittelst Wasserstoff zu Metall zum Zwecke hatte. Als nämlich das Wasserstoffgas bereits eine Zeit lang übergeleitet war, hörte durch Zufall die Entwicklung desselben auf, ohne dafs dieser Umstand bemerkt wurde, und beim Auseinandernehmen des Apparates zeigte es sich, dafs, statt metallischen Wolframs, sich grüne krystallisirte Wolframsäure im Porcellanschliffchen befand. Die im ersten Schliffchen enthaltene, der stärksten Hitze ausgesetzte, bildete gröfsere Krystalle, als die im zweiten befindliche weniger stark erhitzte Säure. Die Farbe beider Producte ist schön grün mit gelblicher Nüance. Beim Glühen an der Luft ist die Säure völlig unveränderlich; sie nimmt

durchaus an Gewicht weder zu noch ab; heifs sieht sie tief orangefarben aus, doch kehrt beim Erkalten derselbe grüne Ton der Färbung zurück, den sie vorher besafs. Sie bildet ein lebhaft schimmerndes Pulver und besteht aus mikroskopischen Quadratoctaëdern, von denen stumpfe und spitze vorkommen, ferner tritt die grade Endfläche auf, und das erste Prisma, welches bald mehr, bald weniger herrschend ist. Die Krystalle sind mit olivengrüner Farbe durchsichtig, manche nur durchscheinend. Ihre Dichte beträgt 7,232 bei 17° C. und ist von derjenigen der amorphen geglühten Wolframsäure nur wenig verschieden; für die letztere nämlich beträgt dieselbe nach Versuch *c* 7,160.

a) 4,853 Gr. krystallisirte Wolframsäure verloren bei 17° C. unter Benzin 0,5705 Gr., entsprechend 0,6712 Gr. unter Wasser, woraus sich das specifische Gewicht zu 7,230 ergiebt.

b) 3,311 Gr. derselben Säure wie bei *a*) verloren 0,389 Gr. in Benzin, entsprechend 0,45765 Gr. in Wasser; also ist ihre Dichte 7,234.

c) 2,8385 Gr. aus dem Ammonsalz durch Säure abgeschiedene, reine, geglühte Wolframsäure verloren 0,3370 Gr. unter Benzin entsprechend 0,3965 Gr. unter Wasser. Ihre Dichte ist also 7,160.

Von Verbindungen der Wolframsäure mit Wasser sind bisjetzt zwei bekannt, welche den Formeln $WO^3 + 2aq$ und $WO^3 + 1aq$ entsprechen. Zu diesen bekannten füge ich drei neue Hydrate, und zwar folgende.

1) $2WO^3 + 1aq$.

Die aus dem wolframsauren Natron durch concentrirte Schwefelsäure abgeschiedene Wolframsäure besitzt nach dem Trocknen bei ungefähr 50° C. obige Formel. Unter dieser Temperatur getrocknet entspricht ihr Wassergehalt keiner bestimmten Formel und ist sehr schwankend.

4,0095	Gr.	desselben	verloren	beim	Glühen	0,1475	Gr.
3,2015	»	»	»	»	»	0,1185	»
2,9040	»	»	»	»	»	0,1065	»

	Berechnet		Gefunden		
$2WO^3$	= 232 =	96,266	—	—	—
1 aq	= 9 =	3,734	3,679	3,701	3,667
$2WO^3 + 1$ aq	= 241 =	100,0	3,683 im Mittel		

2) $3WO^3 + 1$ aq.

Dieselbe Säure wie bei 1), giebt bei 120° bis 130° C. getrocknet, Wasser ab und besitzt obige Formel, sobald sie bis zur Gewichtsconstanz getrocknet wird.

3,025 Gr. verloren beim Glühen 0,0730 Gr.
2,540 » » » » 0,0635 »

	Berechnet		Gefunden	
$3WO^3$	= 348 =	97,479	—	—
1 aq	= 9 =	2,521	2,413	2,50
$3WO^3 + 1$ aq	= 357 =	100,0	2,457 im Mittel	

3) $4WO^3 + 1$ aq.

Die bei 200° C. bis zur Gewichtsconstanz getrocknete Säure entspricht obiger Formel

2,240 Gr. verloren beim Glühen 0,057 Gr.
2,770 » » » » 0,048 »

	Berechnet		Gefunden	
$4WO^3$	= 464 =	98,10	—	—
1 aq	= 9 =	1,90	1,754	1,73
$4WO^3 + 1$ aq	= 473 =	100,0	1,742 im Mittel	

Meine Versuche darüber, bis zu welcher Verdünnung die Wolframsäure durch verschiedene Reagentien sich erkennen läfst und ferner, wie sich eine Lösung von einfach wolframsaurem Natron bei Hinzufügung von verschiedenen Säuren verhält, mögen hier eine passende Stelle finden.

1) Bei der spectral-analytischen Untersuchung eines vier Mal umkrystallisirten einfachwolframsauren Natrons konnte aufser der gelben Natriumlinie durchaus keine andere wahrgenommen werden, weder als das Salz für sich allein verflüchtigt wurde, noch nach dem Betupfen desselben mit Schwefelsäure.

2) Nachweisung der Wolframsäure durch verschiedene Reagentien.

a) 0,100 Gr. reine geglühte Wolframsäure wurden in

Kali gelöst, und nach der Neutralisation der Flüssigkeit durch Essigsäure, auf 100 CC. verdünnt. Es war also 1 Th. Wolframsäure in 1000 Th. Wasser gelöst.

Essigsaures Bleioxyd erzeugte sogleich einen weifsen Niederschlag.

Ferrocyankalium färbte die Lösung beim Hinzufügen von einigen Tropfen reiner Schwefelsäure dunkelorangegelb.

Zinnchlorür gab nach dem Hinzufügen von etwas Schwefelsäure einen braungelben Niederschlag.

Zink erzeugte in der mit Schwefelsäure angesäuerten Lösung nach einer halben Minuten eine stark blaue Färbung.

Keine Veränderung bewirkten: Ferridcyankalium, Rhodankalium, Chlorbarium, Chlorcalcium, verdünnte Schwefel- und Salzsäure.

b) 10 CC. der Lösung unter *a*) wurden auf 100 CC. verdünnt, es war also 1 Th. Wolframsäure gelöst in 10000 Th. Wasser. Diese Lösung heifse Lsg. *b*.

Essigsaures Bleioxyd erzeugte eine weifse Trübung.

Ferrocyankalium eine grünlichgelbe, gut erkennbare Färbung.

Zinnchlorür gab einen weifsen Niederschlag.

Zink erzeugte eine kaum mehr bemerkbare bläuliche Färbung.

c) 10 CC. Lsg. *b* mit 10 CC. Wasser versetzt, so dafs also 1 Th. Wolframsäure in 20000 Th. Wasser gelöst war. Es erzeugte:

Essigsaures Bleioxyd sogleich eine weifse Trübung.

Ferrocyankalium eine schwache, gelbe Färbung.

Zinnchlorür ein weifses Opalisiren.

Zink keine Spur einer Färbung.

d) 10 CC. Lsg. *b* mit 30 CC. Wasser versetzt, so dafs 1 Th. Wolframsäure in 40000 Th. Wasser gelöst war.

Mit Ausnahme von essigsaurem Bleioxyd, welches ein Opalisiren hervorbrachte, bewirkten die andern Reagentien keine Veränderung.

3) Verhalten einer Lösung von einfach wolframsaurem Natron bei Hinzufügung von verschiedenen Säuren.

a) Gefällt wird die Lösung durch Schwefel-, Salz- und Salpetersäure; kalt ist der Niederschlag gelatinös, weifs und so dick, dafs man das Reagenzglas umkehren kann, ohne dafs die Flüssigkeit herausläuft; beim Erhitzen und Kochen fällt er jedoch zusammen und färbt sich gelb.

b) Nicht gefällt weder kalt noch heifs wird die Lösung durch Oxalsäure, Schweflige Säure, Jodwasserstoffsäure, Weinsäure und Blausäure; jedoch hindern diese Säuren durchaus nicht die Fällung der Wolframsäure durch die Säuren unter *a*).

c) Nicht fällend und die Fällung durch die Säuren unter *a*) hindernd sind Essigsäure und Phosphorsäure. Die letztere hindert durch äufsert schnelle Ueberführung der gewöhnlichen Wolframsäure in die Metawolframsäure, die Fällung unter allen Umständen; Die Essigsäure jedoch mufs sowohl in ziemlicher Menge der Flüssigkeit zugesetzt als auch einige Minuten mit derselben gekocht werden, ehe sie die Fällung durch die Säuren unter *a*) verhindert. Fügt man zu solch einer gekochten Flüssigkeit, in der durch Salzsäure kein Niederschlag entsteht, Ammoniak im Ueberschufs und dann erst eine von den Säuren unter *a*), so fällt Wolframsäure, während bei Anwendung von Phosphorsäure dieſs nicht der Fall ist.

III. *Ueber die Ausdehnung der Metalle und Legirungen durch die Wärme; von A. Matthiefsen.*

In einer Abhandlung über die Ausdehnung des Wassers und des Quecksilbers [1]) habe ich eine Methode beschrieben, um die Ausdehnung der Körper durch Wägung in Wasser von verschiedener Temperatur zu bestimmen. Ich hatte mich für diese Methode entschieden, weil sie mit verhältnifsmäfsig geringen Quantitäten Materials gute Resultate lieferte; gröfsere Mengen der Metalle im reinen Zustand herzustellen, würde eine solche Arbeit und einen so grofsen Kostenaufwand erfordern, dafs es praktisch unmöglich erscheint Stäbe herzustellen, an welchen die lineare Ausdehnung gemessen werden könnte.

Die auf die eben erwähnte Weise ausgeführten Bestimmungen ergaben, dafs sich die Metalle nicht gleichmäfsig zwischen 0° und 100° ausdehnten, eine Thatsache, die man gerechter Weise erwarten durfte. Die Unterschiede im Grade der Ausdehnung zwischen 0° bis 50° und 50° bis 100° waren indessen so grofs, dafs ein Theil derselben wahrscheinlich Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden mufs, welche sich bei der Bestimmung der Ausdehnung des Wassers eingeschlichen haben; denn die Ausdehnungscoëfficienten der Metalle, verglichen mit denen des Wassers, sind verhältnifsmäfsig gering. Wird der Ausdehnungscoëfficient des Quecksilbers nach dieser Methode bestimmt, so stimmt er mit dem von Regnault gefundenen Werthe überein; da dieser Werth aber grofs ist, so werden kleine Fehler in den Coëfficienten des Wassers keinen merklichen Einfluſs auf denselben ausüben. Denn, wenn das Volumen des Wassers bei

$4° = 1{,}00000$ ist, so ist es bei $100° = 1{,}04316$,

und wenn das des Quecksilbers bei

$0° = 1{,}0000$ ist, so ist es bei $100° = 1{,}01815$.

1) Pogg. Ann. Bd. 128, S. 512.

Dahingegen ist das Volumen des Kupfers z. B. bei 0° = 1,00000 und bei 100° = 1,004998, so dafs die Ausdehnung dieses Metalles, verglichen mit der von Wasser oder Quecksilber, sehr unbedeutend ist.

Diese Thatsache veranlafste mich, eine andere Reihe von Control-Versuchen anzustellen; ich bestimmte nämlich zuerst die lineare Ausdehnung eines gewissen Kupferstabes, der sich im ersten Theile der oben erwähnten Abhandlung beschrieben findet, und wog sodann ein Stück desselben, dem die Form eines doppelten Keiles gegeben war, in Wasser von verschiedener Temperatur.

Indem ich die mit dem Kupferstabe erhaltenen Resultate anführe, will ich bemerken, dafs Kupfer sich in keiner Hinsicht wie Glas verhält. Nach meinen Beobachtungen nehmen Glasstäbe nach dem Erwärmen auf 100° und plötzlichem Abkühlen nicht sofort ihre ursprüngliche Länge wieder ein; ganz verschieden ist es mit Kupfer. Es wurden keine Differenzen in den Coëfficienten beobachtet, wenn die Ausdehnung des auf 100° erhitzten Stabes ermittelt war, und am folgenden Morgen eine neue Bestimmungsreihe ausgeführt wurde.

In Tabelle I bedeuten T_1, T_2, T_3, T_4 die Temperaturen in der Reihenfolge, in der die Beobachtungen gemacht wurden, a, b, c die Längenzunahmen des Stabes in Millim. zwischen T_1 und T_2, T_1 und T_3, T_4 und T_3 resp.. Die in den drei letzten Columnen angegeben Werthe bezeichnen die Ausdehnungscoëfficienten des Stabes für 1° innerhalb der beobachteten Temperaturen. Die Länge des Stabes war 1804^{mm} und sein Durchmesser 15^{mm}.

Tabelle I.

T_1	T_2	T_3	T_4	a	b	c	$\frac{a}{T_2-T_1}$	$\frac{b}{T_3-T_1}$	$\frac{c}{T_3-T_4}$
7°,4	—	99,9	7,4	—	2,807	2,803	—	0,03034	0,03017
7 ,0	50,7	100,1	10,4	1,263	2,808	2,718	0,02890	0,03016	0,03030
8 ,4	51,2	100,3	7,0	1,252	2,807	2,830	0,02925	0,03054	0,03033
7 ,5	51,9	100,3	7,8	1,295	2,805	2,803	0,02917	0,03023	0,03030
8 ,6	50,9	100,6	7,2	1,238	2,775	2,812	0,02927	0,03016	0,03011
						Mittel:	0,02915	0,03026	

oder der mittlere Coëfficient mag angenommen werden
zwischen 0° und 50° = 0,02915
und zwischen 50° und 100° = 0,03026,
und ist die Länge des Stabes bei 0° = 1804^{mm},
so ist sie bei 50° = 1805^{mm},4575,
und bei 100° = 1808^{mm},0260.
Nach diesen Daten läfst sich die lineare Ausdehnung des Kupferstabes durch folgende Formel ausdrücken:

$$L_t = 1804\,(1 + 0{,}00001555\,t + 0{,}0000000122\,t^2),$$

oder die lineare Ausdehnung irgend einer Länge dieser Kupfersorte mufs für die Temperatur nach folgendem Ausdruck corrigirt werden

$$L_t = L_0\,(1 + 0{,}00001555\,t + 0{,}0000000122\,t^2),$$

und die cubische Ausdehnung nach

$$V_t = V_0\,(1 + 0{,}00004665\,t + 0{,}0000000366\,t^2).$$

Zwei Reihen von Wägungen im Wasser wurden mit dem Stücke angestellt, welches von dem Ende des Kupferstabes abgeschnitten war; die Resultate finden sich in Tabelle II.

Tabelle II.

No. 1.			No. 2.		
	Gewichtsverlust in Wasser			Gewichtsverlust in Wasser	
T	$= G$	$G(1+\alpha t)$	T	$= G$	$G(1+\alpha t)$
11,0	3,95740	3,95885	10,6	3,95720	3,95850
50,7	3,91825	3,96640	54,2	3,91220	3,96685
97,1	3,81940	3,97590	97,3	3,81865	3,97570

Das Kupfer war dünn übergoldet, um eine Einwirkung des Wassers auf dasselbe zu vermeiden. Vor einer jeden Wägung wurde das Wasser wieder ausgekocht, um etwa absorbirte Luft auszutreiben. Die in der dritten Columne gegebenen Zahlen bezeichnen das Volumen des Kupfers in CC., und sind von dem beobachteten Gewichtsverlust in Wasser nach der in der mehrfach erwähnten Abhandlung angegebenen Methode abgeleitet.

Berechnen wir die Formeln, um das Volumen des Kupfers bei verschiedenen Temperaturen auszudrücken, so finden wir für

I. $V_t = 3{,}95680\,(1 + 0{,}00004645\,t + 0{,}0000000336\,t^2)$
oder wenn
V bei $0^0 = 1{,}000000$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004981$,
und für
II. $V_t = 3{,}95655\,(1 = 0{,}00004681\,t + 0{,}0000000300\,t^2)$,
oder wenn
V bei $0^0 = 1{,}000000$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004981$.

Diese Ausdrücke stimmen nahe mit dem überein, welcher aus der Bestimmung der linearen Ausdehnung des Kupferstabes berechnet wurde, nämlich:

$$V_t = V_0\,(1 + 0{,}00004665\,t + 0{,}00000003665\,t^2),$$

oder wenn
V bei $0^0 = 1{,}000000$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005031$.

Ich komme nun zum eigentlichen Gegenstande dieser Abhandlung, welche in zwei Abschnitte zerfällt:

I. Ueber die Ausdehnung der Metalle durch die Wärme.

II. Ueber die Ausdehnung der Legirungen durch die Wärme.

I. Ueber die Ausdehnung der Metalle durch die Wärme.

Die für die Versuche benutzten Metalle wurden, nachdem sie auf die in meiner Abhandlung beschriebene Weise gereinigt waren, in eine Form gegossen, welche vorher in einer Gasflamme dick mit Ruſs überkleidet war; der Guſs hatte die Form eines doppelten Keiles wie in Fig. 9 Taf. IX [1]). Da das Wasser einige Metalle und Legirungen angreift, so wurde der erhaltene Guſs entweder gefirniſst, oder, was allgemeiner angewendet wurde, vergoldet. Um zu beweisen, daſs das Vergolden oder Firnissen keinen Einfluſs auf die Resultate ausüben konnte, so wurden diejenigen Metalle, welche durch Wasser nicht angegriffen werden, für die eine Versuchsreihe gefirniſst oder vergoldet, und für die andere nicht (Reihe 3 und 4, 14 und 15, 11 und 12). Die Anordnung des Apparates und die Beobachtungsmethode war dieselbe, wie sie sich in der öfters citirten Abhandlung über die Ausdehnung des Wassers und Quecksilbers beschrieben findet.

1) Pogg. Ann. Bd. 128. S. 523.

In einigen Fällen wurden die Beobachtungen bei der höchsten Temperatur begonnen und das Wasser wurde für die Bestimmungen bei niedrigerer Temperatur nicht wieder ausgekocht (diese Versuchsreihen sind überschrieben »*ein Mal ausgekocht*«).

In anderen Fällen wurden die Beobachtungen zuerst bei der niedrigsten Temperatur gemacht und nachdem das Wasser wieder ausgekocht war, die bei der höchsten Temperatur; beim Abkühlen wurden die Bestimmungen bei intermediären Temperaturen verzeichnet (»*zwei Mal ausgekocht*«.)

In den übrigen Reihen endlich wurde das Wasser zwischen jeder Gruppe von Beobachtungen ausgekocht (»*drei Mal ausgekocht*«).

Es mag hier am Platze erscheinen, einige der Fehlerquellen anzudeuten, welche öfters bei Anwendung dieser Methode, die Ausdehnungscoëfficienten zu bestimmen, eine Reihe von Beobachtungen unbrauchbar machten. Denn so einfach auch die Methode erscheinen mag, so möchte ich doch behaupten, dafs sie eine aufserordentliche Sorgfalt erfordert, um gute übereinstimmende Resultate zu liefern.

1) Sehr oft verloren Beobachtungsreihen dadurch ihren Werth, dafs kleine Härchen oder Staubtheilchen in das Wasser fielen und sich an den feinen Platindraht anhängten. Da aber 0,1 oder 0,2 Mgrm. Gewichtsunterschied eine bedeutende Differenz in der Ausdehnung derjenigen Metalle und Legirungen ausmacht, welche einen niedrigen Ausdehnungscoëfficienten haben, so mufste diese Fehlerquelle mit aller Sorgfalt vermieden werden. Wenn daher der Cylinder zum Auskochen des Wassers aus dem Kasten genommen wurde, und man bemerkte Staubtheilchen, welche in der Nähe des Drahtes umherschwammen, so wurden die Beobachtungen als werthlos verworfen und neue nach dem Auskochen des Wassers gemacht.

2) Wenn die Beobachtungen bei hohen Temperaturen angestellt wurden, so ereignete es sich bisweilen, dafs die Temperatur des Wassers um 3 oder 4 Grade herabsank

und dann wieder allmählich stieg. Die bei der niedrigeren Temperatur absorbirte Luft wurde alsdann wieder ausgetrieben, und ein Luftbläschen, das sich an das Metall ansetzte, verursachte eine falsche Gewichtsbestimmung.

3) War der Guſs im geringsten fehlerhaft oder krystallinisch, so konnte die Luft durch Kochen nicht vollständig aus den kleinen Höhlungen ausgetrieben werden. Die Resultate stimmten alsdann nicht überein in Folge der Ausdehnung der Luft bei den hohen und der theilweisen Absorption derselben bei niedrigen Temperaturen. Aus diesem Grunde wurden zwei Bestimmungsreihen an jedem Metalle und jeder Legirung angestellt, und das Metallstück, wenn es möglich war, umgegossen.

Die folgenden Werthe wurden durch Wägung der gereinigten Metalle in Wasser ehalten:

Tabelle III.

Cadmium.

Da dieses Metall bei ungefähr 80° krystallinisch wird, so wurden Bestimmungen an *vier* verschiedenen Punkten zwischen 0 und 100° ausgeführt. Man wird bemerken, daſs diese Veränderung in der molecularen Beschaffenheit keinen Einfluſs auf die physikalische Eigenschaft, welche wir hier betrachten, ausübt.

No. 3. *Cadmium*, vier Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+a_1 t)$	berechnet	Diff.
8,0	6,29175	6,29250	6,29241	+ 0,00009
45,4	6,25080	6,31280	6,31309	— 0,00029
77,4	6,16450	6,33255	6,33240	+ 0,00015
95,2	6,10230	6,34380	6,34377	+ 0,00003

$V_t = 6{,}28826\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}8166\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}117\,t^2)$ [1]),

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}009336$.

1) Ich habe mich dieser Schreibweise für die Formeln bedient, um Irrthümern in der Anzahl der Nullen vorzubeugen und doch dieselbe beim ersten Blick anschaulich zu machen. Ich habe es ferner vorgezogen, die Exponenten constant beizubehalten, und lieber eine Null nach dem Decimalpunkte hinzuzufügen, anstatt dieselben zu ändern.

No. 4. *Cadmium*, gefirnifst, vier Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\alpha_1 t)$	berechnet	Diff.
8,1	5,91135	5,91210	5,91182	+ 0,00028
47,9	5,86800	5,93265	5,93274	— 0,00009
75,2	5,79895	5,94885	5,94885	0,00000
93,8	5,73915	5,96040	5,96065	— 0,00025

$V_t = 5{,}90793\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}7991\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}162\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}009611$.

No. 5. *Zink*, gefirnifst, drei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\alpha_1 t)$
10,0	7,42245	7,42445
50,6	7,35985	7,45000
95,7	7,19460	7,48200

$V_t = 7{,}41863\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}7719\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}126\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}008979$.

No. 6. *Zink*, gefirnifst, drei Mal ausgekocht.

9,0	6,69705	6,69830
50,6	6,64010	6,72285
95,0	6,49345	6,74945

$V_t = 6{,}69304\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}8726\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0153\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}008879$.

No. 7 *Blei*, gefirnifst, ein Mal ausgekocht.

14,0	4,55540	4,55880
51,2	4,51635	4,57295
94,1	4,41840	4,58960

$V_t = 4{,}55355\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}8215\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0210\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}008425$.

No. 8. *Blei*, gefirnißt, ein Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\tau_1 t)$
14,7	4,40320	4,40695
52,9	4,36270	4,42990
90,7	4,27860	4,43560

$V_t = 4{,}40166\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}8140\,t + 10^{-7} \cdot 0{,}0234\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V_t bei $100^\circ = 1{,}008374$.

No. 9. *Zink*, ein Mal ausgekocht.

10,2	3,66860	3,66965
55,0	3,62850	3,68060
93,2	3,55520	3,69070

$V_t = 3{,}66730\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}6237\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0656\,t^2)$,

oder wenn

$V_0 = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}006893$.

No. 10. *Zink*, ein Mal ausgekocht.

8,2	4,28625	4,28680
48,5	4,25005	4,29800
94,8	4,14945	4,31250

$V_t = 4{,}28468\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}5964\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0922\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V_t bei $100^\circ = 1{,}006886$.

No. 11. *Silber*, vergoldet, drei Mal ausgekocht.

10,7	5,33570	5,33750
52,7	5,28040	5,35085
94,3	5,16280	5,36370

$V_t = 5{,}33433\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}5523\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0835\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V_t bei $100^\circ = 1{,}005856$.

No. 12. *Silber*, drei Mal ausgekocht.

7,5	5,49225	5,49975
50,5	5,44655	5,51300
97,1	5,37000	5,52845

$V_t = 5{,}49754\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}5830\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0475\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V_t bei $100^\circ = 1{,}005865$.

No. 13. *Kupfer*, vergoldet, zwei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser = G	$G(1+\alpha t)$
16,2	5,82730	5,82900
59,6	5,74595	5,84280
95,1	5,63155	6,85400

$V_t = 5{,}82644\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}4223\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0791\,t^2)$,
oder wenn
V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}005014$.

No. 14. *Gold*, gefirnifst, drei Mal ausgekocht.

9,1	2,44605	2,44655
45,4	2,42625	2,45030
95,1	2,36250	2,45585

$V_t = 2{,}44565\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}4008\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0397\,t^2)$,
oder wenn
V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}004405$.

No. 15. *Gold*, ein Mal ausgekocht.

10,7	2,44415	2,44490
47,8	2,42225	2,44880
93,0	2,36405	2,45380

$V_t = 2{,}44381\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}4142\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0276\,t^2)$,
oder wenn
V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}004418$.

No. 16. *Wismuth*, gefirnifst, ein Mal ausgekocht.

8,9	4,29915	4,29995
51,2	4,25350	4,30680
96,0	4,14795	4,31455

$V_t = 4{,}29857\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}3591\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0294\,t^2)$,
oder wenn
V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}003885$.

No. 17. *Wismuth*, gefirnifst, zwei Mal ausgekocht.

11,6	5,16400	5,16625
50,0	5,11255	5,17375
93,5	4,99200	5,18335

$V_t = 5{,}16416\,(1 + 10^{-4} \cdot 0{,}2413\,t + 10^{-6} \cdot 0{,}0599\,t^2)$,
oder wenn
V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}004012$.

No. 18. *Palladium* [1]), drei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\alpha_1 t)$
7,5	7,48500	7,48700
55,5	7,38975	7,49785
97,5	7,21130	7,50875

$V_t = 7{,}48545(1 + 10^{-4}\,0{,}2708\,t + 10^{-6}\,0{,}0497\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}003205$.

No. 19. *Palladium*, dasselbe Stück, welches für die letzte Versuchsreihe gedient hatte, von Neuem polirt; ein Mal ausgekocht.

9,8	7,48420	7,48610
56,0	7,38795	7,49785
97,4	7,21140	7,50855

$V_t = 7{,}48363(1 + 10^{-4}\,0{,}3357\,t + 10^{-6}\,0{,}00629\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}003420$.

No. 20. *Antimon*, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

11,7	6,06320	6,06590
57,2	5,98155	6,07420
97,1	5,84300	6,08245

$V_t = 6{,}06396\,(1 + 10^{-4}\,0{,}2686\,t + 10^{-6}\,0{,}0469\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}003155$.

No. 21. *Antimon*, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

10,9	6,20525	6,20745
61,0	6,11010	6,21705
97,8	5,97670	6,22475

$V_t = 6{,}20550\,(1 + 10^{-4}\,0{,}2854\,t + 10^{-6}\,0{,}0325\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}003179$.

1) Das Metall war gereinigt und mir geliehen von den HH. Johnson und Matthey.

No. 22. *Platin* [1], zwei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser = G	$G(1+a_1 t)$
8,5	2,22465	2,22500
56,0	2,19510	2,22775
97,3	2,14215	2,23025

$V_t = 2{,}22452\,(1 + 10^{-4}\,0{,}2516\,t + 10^{-6}\,0{,}0134\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}002650$.

No. 23. *Platin*, dasselbe Stück welches für die letzte Versuchsreihe gedient hatte, von neuem polirt; zwei Mal ausgekocht.

6,6	2,22430	2,22440
51,8	2,19890	2,22705
96,7	2,14260	2,22975

$V_t = 2{,}22402\,(1 + 10^{-4}\,0{,}2591\,t + 10^{-6}\,0{,}0074\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}002665$.

Die Mittel der Formeln sind in Tabelle IV zusammengestellt:

Tabelle IV.

Cadmium	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}8078\,t + 10^{-6}\,0{,}140\,t^2)$
Zink	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}8222\,t + 10^{-6}\,0{,}070\,t^2)$
Blei	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}8177\,t + 10^{-6}\,0{,}0222\,t^2)$
Zinn	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}6100\,t + 10^{-6}\,0{,}0789\,t^2)$
Silber	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}5426\,t + 10^{-6}\,0{,}0405\,t^2)$
Kupfer [2]	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4443\,t + 10^{-6}\,0{,}0555\,t^2)$
Gold	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4075\,t + 10^{-6}\,0{,}0336\,t^2)$
Wismuth	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}3502\,t + 10^{-6}\,0{,}0446\,t^2)$
Palladium	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}3032\,t + 10^{-6}\,0{,}0280\,t^2)$
Antimon	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}2770\,t + 10^{-6}\,0{,}0397\,t^2)$
Platin	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}2554\,t + 10^{-6}\,0{,}0104\,t^2)$

1) Das Metall war gereinigt und mir gelichen von den HH. Johnson und Matthey.

2) Die hier gegebene Formel ist das Mittel der unter No. 1, 2 und 13 angeführten Reihen.

Die Correctionsformeln für die lineare Ausdehnung der obigen Metalle werden gefunden, wenn man die für die cubische Ausdehnung gefundenen Coëfficienten durch 3 dividirt. Man gelangt alsdann zu folgenden Resultaten:

Tabelle V.

Metall	Correctionsformel für die lineare Ausdehnung
Cadmium	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}2693\, t + 10^{-6}\, 0{,}0466\, t^2)$
Zink	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}2741\, t + 10^{-6}\, 0{,}0234\, t^2)$
Blei	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}2726\, t + 10^{-6}\, 0{,}0074\, t^2)$
Zinn	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}2033\, t + 10^{-6}\, 0{,}0263\, t^2)$
Silber	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}1809\, t + 10^{-6}\, 0{,}0135\, t^2)$
Kupfer	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}1481\, t + 10^{-6}\, 0{,}0185\, t^2)$
Gold	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}1358\, t + 10^{-6}\, 0{,}0112\, t^2)$
Wismuth	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}1167\, t + 10^{-6}\, 0{,}0149\, t^2)$
Palladium	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}1011\, t + 10^{-6}\, 0{,}0093\, t^2)$
Antimon	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}0923\, t + 10^{-6}\, 0{,}0132\, t^2)$
Platin	$L_t = L_0 (1 + 10^{-4}\, 0{,}0851\, t + 10^{-6}\, 0{,}0035\, t^2)$

Diese Werthe stimmen in den meisten Fällen mit denen überein, welche frühere Beobachter gefunden, aber da die letzteren nur die Ausdehnung zwischen 0 und 100° bestimmt haben, so gebe ich in Tabelle VI das Volumen und die Länge, welche eine Einheit des Volumens oder der Länge von 0° bei 100° einnehmen wird.

Tabelle VI.

Metall	Volumen bei 0° = 1 bei 100° =	Länge bei 0° = 1 bei 100° =
Cadmium	1,009478	1,003159
Zink	1,008928	1,002976
Blei	1,008399	1,002799
Zinn	1,006889	1,002296
Silber	1,005631	1,001943
Kupfer	1,004998	1,001666
Gold	1,004411	1,001470
Wismuth	1,003948	1,001316
Palladium	1,003312	1,001104
Antimon	1,003167	1,001056
Platin	1,002658	1,000886

II. Ueber die Ausdehnung der Legirungen durch die Wärme.

Die Legirungen wurden auf die in einer früheren Abhandlung beschriebenen Weise dargestellt. In Tab. VII, in welcher sich die Resultate finden, sind die Legirungen so gruppirt, wie ich sie bezüglich ihres Verhaltens für elektrische Leitfähigkeit geordnet habe.

Tabelle VII.

No. 24. Sn_4Pb, vergoldet, drei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+a_1t)$
12,0	7,04010	7,04345
51,5	6,97425	7,06265
95,0	6,81730	7,08610

$V_t = 7{,}03801\,(1 + 10^{-4}\,0{,}6331\,t + 10^{-6}\,0{,}0907\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}007238$.

No. 25. Sn_4Pb, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

15,0	7,03845	7,04475
59,4	6,95050	7,06620
95,1	6,81635	7,08560

$V_t = 7{,}03817\,(1 + 10^{-4}\,0{,}6068\,t + 10^{-6}\,0{,}107\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}007138$.

No. 26. Pb_4Sn, vergoldet, zwei Mal ausgekocht.

11,0	5,26995	5,27190
54,8	5,21670	5,29115
95,8	5,10535	5,30965

$V_t = 5{,}26715\,(1 + 10^{-4}\,0{,}8171\,t + 10^{-6}\,0{,}0263\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}008434$.

No. 27. Pb_4Sn, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

11,0	5,27395	5,27590
52,8	5,22465	5,29410
95,6	5,10975	5,31350

$V_t = 5{,}27124\,(1 + 10^{-4}\,0{,}8004\,t + 10^{-6}\,0{,}0401\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}008405$.

No. 28. CdPb, vergoldet, zwei Mal ausgekocht.

	Gewichtsverlust in	
T	Wasser $= G$	$G(1+\alpha_1 t)$
8,6	5,36850	5,36935
56,4	5,31245	5,39260
98,1	5,19620	5,41305

$V_t = 5{,}36519\,(1 + 10^{-4}\,0{,}9012\,t + 10^{-6}\,0{,}0334\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}009095$.

No. 29. CdPb, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

9,2	5,60060	5,60175
60,4	5,53285	5,62790
91,7	5,44265	5,64415

$V_t = 5{,}59711\,(1 + 10^{-4}\,0{,}8998\,t + 10^{-6}\,0{,}0182\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}009180$.

No. 30. Sn_4Zn, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

9,3	6,58530	6,58670
54,7	6,51495	6,60765
95,9	6,37195	6,62740

$V_t = 6{,}58252\,(1 + 10^{-4}\,0{,}6809\,t + 10^{-6}\,0{,}0314\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}007123$.

No. 31. Sn_4Zn, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

10,7	6,58830	6,59055
60,9	6,49990	6,61330
94,5	6,38165	6,63095

$V_t = 6{,}58626\,(1 + 10^{-4}\,0{,}5945\,t + 10^{-6}\,0{,}0130\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}007245$.

No. 32. Sn_4Zn, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

11,1	6,85455	6,85715
57,9	6,77180	6,87915
96,8	6,62940	6,89960

$V_t = 6{,}85235\,(1 + 10^{-4}\,0{,}6205\,t + 10^{-6}\,0{,}0948\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0° = 1$ ist, so ist V bei $100° = 1{,}007153$.

No. 33. Sn_2Zn, vergoldet, drei Mal ausgekocht.

	Gewichtsverlust in	
T	Wasser $= G$	$G(1 + \alpha_1 t)$
14,3	7,23135	7,23705
52,7	7,16090	7,25575
91,4	7,01775	7,27610

$V_t = 7{,}23047\,(1 + 10^{-4}\,0{,}6268\,t + 10^{-5}\,0{,}0697\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}006965$.

No. 34. $Bi_{44}Sn$, vergoldet, drei Mal ausgekocht.

16,2	5,49395	5,49995
53,2	5,43465	5,50794
91,1	5,32160	5,51635

$V_t = 5{,}49651\,(1 + 10^{-4}\,0{,}3842\,t + 10^{-6}\,0{,}0132\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}003974$.

No. 35. $Bi_{44}Sn$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

10,8	6,10665	6,10885
57,8	6,02515	6,12040
94,0	5,90165	6,13085

$V_t = 6{,}10635\,(1 + 10^{-4}\,0{,}3743\,t + 10^{-6}\,0{,}0410\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}004153$.

No. 36. $BiSn_2$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

10,2	6,04220	6,04395
56,6	5,96205	6,05875
96,6	5,83300	6,07065

$V_t = 6{,}04087\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4987\,t + 10^{-6}\,0{,}0110\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}005097$.

No. 37. $BiSn_4$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

10,9	6,05175	6,05390
57,5	5,97470	6,06820
97,6	5,83920	6,08070

$V_t = 6{,}05059\,(1 + 10^{-4}\,0{,}5003\,t + 10^{-6}\,0{,}00925\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}005100$.

No. 38. $Bi_{24}Pb$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\alpha_1 t)$
10,2	6,72710	6,72905
56,6	6,64040	6,74125
94,4	6,49825	6,75160

$V_t = 6{,}72644\,(1 + 10^{-4}\,0{,}3781\,t + 10^{-6}\,0{,}0192\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}003973$.

No. 39. $Bi_{24}Pb$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

13,2	6,11480	6,11865
50,4	6,05440	6,12800
90,9	5,92270	6,13865

$V_t = 6{,}11543\,(1 + 10^{-4}\,0{,}3955\,t + 10^{-6}\,0{,}0245\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}004200$.

No. 40. $BiPb_2$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

11,1	5,97110	5,97335
56,5	5,90675	5,99615
96,8	5,78095	6,01655

$V_t = 5{,}96780\,(1 + 10^{-4}\,0{,}8362\,t + 10^{-6}\,0{,}00782\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}008440$.

No. 41. $BiPb_2$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

10,6	6,17070	6,17275
53,1	6,11340	6,19555
95,0	5,98260	6,21850

$V_t = 6{,}16714\,(1 + 10^{-4}\,0{,}8561\,t + 10^{-6}\,0{,}0216\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}0087717$.

No. 42. $BiPb_2$, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

12,4	5,17255	5,17520
58,1	5,11390	5,19550
96,8	5,00855	5,21360

$V_t = 5{,}16976\,(1 + 10^{-4}\,0{,}8463\,t + 10^{-6}\,0{,}0183\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}008646$.

No. 43. Kupfer-Zink Legirung, enthaltend der Analyse nach 71,0 Gewichtsprocente Kupfer, vergoldet, drei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+a_1 t)$
9,8	7,61120	7,61315
57,4	7,51595	7,63315
97,1	7,35020	7,65145

$V_t = 7{,}60930\,(1 + 10^{-4}\,0{,}5109\,t + 10^{-6}\,0{,}0614\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005723$.

No. 44. Kupfer-Zink Legirung, enthaltend der Analyse nach 71,0 Gewichtsprocente Kupfer, vergoldet, drei Mal ausgekocht.

11,2	7,61090	7,61385
58,9	7,51100	7,63405
96,5	7,35315	7,66120

$V_t = 7{,}60936\,(1 + 10^{-4}\,0{,}5213\,t + 10^{-6}\,0{,}0503\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005716$.

No. 45. $AuSn_2$, drei Mal ausgekocht.

9,8	5,24965	5,25100
51,6	6,19420	5,26025
97,4	5,06210	5,27070

$V_t = 5{,}24887\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4124\,t + 10^{-6}\,0{,}0149\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004273$.

No. 46. $AuSn_2$, zwei Mal ausgekocht.

10,5	5,44040	5,44215
55,7	5,37295	5,45210
97,1	5,24700	5,46205

$V_t = 5{,}43997\,(1 + 10^{-4}\,0{,}3763\,t + 10^{-6}\,0{,}0429\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004192$.

No. 47. Au_2Sn_7, zwei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1 + a_1 t)$
12,0	5,57075	5,57340
55,1	5,50440	5,58380
96,8	5,37535	5,59445

$V_t = 5{,}57061\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4132\,t + 10^{-6}\,0{,}0298\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004430$.

No. 48. Au_2Sn_7, vergoldet, zwei Mal ausgekocht.

12,1	5,52800	5,58775
56,3	5,51560	5,59850
95,3	5,39450	5,60840

$V_t = 5{,}58469\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4198\,t + 10^{-6}\,0{,}0229\,t^2)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004427$.

No. 49. Ag_4Au_1, drei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1 + a_1 t)$	berechnet
9,7	3,64395	3,64485	3,64485
51,4	3,60725	3,65270	3,65270
96,1	3,51950	3,66110	3,66110

$V_t = 3{,}64303\,(1 + 10^{-4}\,0{,}5163\,t)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005163$.

No. 50. Ag_4Au_1, drei Mal ausgekocht.

10,8	3,76475	3,76605	3,76604
58,5	3,71525	3,77530	3,77532
92,8	3,64415	3,78200	3,78200

$V_t = 3{,}76394\,(1 + 10^{-4}\,0{,}5170\,t)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005170$.

No. 51. AgAu, drei Mal ausgekocht.

8,6	3,99445	3,99510	3,99510
57,3	3,94340	4,00470	4,00465
95,4	3,85115	4,01270	4,01270

$V_t = 3{,}99342\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4906\,t)$,

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004906$.

No. 52. $AgAu$, zwei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\alpha_1 t)$	berechnet
9,0	3,99005	3,99080	3,99080
58,3	3,93730	4,00055	4,00055
98,0	3,84800	4,00830	4,00831

$$V_t = 3{,}98904\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4927\,t),$$

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004927$.

No. 53. $AgAu_4$, drei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\alpha_1 t)$
9,6	2,90470	2,90540
60,6	2,86165	2,91110
94,1	2,80700	2,91585

$$V_t = 2{,}90453\,(1 + 10^{-4}\,0{,}2989\,t + 10^{-6}\,0{,}123\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004219$.

No. 54. $AgAu_4$, drei Mal ausgekocht.

8,4	2,98805	2,98850
56,7	2,94930	2,99425
93,5	2,88895	2,99970

$$V_t = 2{,}98766\,(1 + 10^{-4}\,0{,}3241\,t + 10^{-6}\,0{,}114\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004381$.

No. 55. Silber-Platin Legirung, enthaltend 66,6 Gewichtsprocente Platin und geliehen von den HH. Johnson und Matthey, zwei Mal ausgekocht.

7,0	4,67260	4,67290
58,4	4,60940	4,68370
96,3	4,50995	4,69200

$$V_t = 4{,}67147\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4359\,t + 10^{-6}\,0{,}0213\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}004572$.

No. 56. Silber-Platin Legirung, enthaltend 66,6 Gewichtsprocente Platin und geliehen von den HH. Johnson und Matthey, zwei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+\varphi_1 t)$
9,4	4,67330	4,67435
59,4	4,60800	4,68470
96,8	4,50930	4,69310

$$V_t = 4{,}67252\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4134\,t + 10^{-6}\,0{,}0431\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}004565$.

No. 57. Gold-Kupfer Legirung, enthaltend 66,6 Procent Gold, vergoldet, ein Mal ausgekocht.

11,0	4,52820	4,52985
59,4	4,46525	4,53965
97,7	4,36740	4,54835

$$V_t = 4{,}52781\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4029\,t + 10^{-6}\,0{,}0629\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}004658$.

No. 58. Gold-Kupfer Legirung, enthaltend 66,6 Procent Gold, vergoldet, zwei Mal ausgekocht.

10,0	4,52845	4,52965
54,2	4,47595	4,53850
96,9	4,36970	4,54815

$$V_t = 4{,}52781\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4002\,t + 10^{-6}\,0{,}0655\,t),$$

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}004657$.

No. 59. Silber-Kupfer Legirung, enthaltend nach der Analyse 46,1 Gewichtsprocent Silber, drei Mal ausgekocht.

8,5	3,19535	3,19585
52,5	3,16165	3,20325
95,1	3,08880	3,21080

$$V_t = 3{,}19447\,(1 + 10^{-4}\,0{,}5065\,t + 10^{-6}\,0{,}0327\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^\circ = 1$ ist, so ist V bei $100^\circ = 1{,}005392$.

No. 60. Silber-Kupfer Legirung, enthaltend nach der Analyse 36,1 Gewichtsprocent Silber, drei Mal ausgekocht.

T	Gewichtsverlust in Wasser $= G$	$G(1+a_1 t)$
9,6	3,19525	3,19600
56,4	3,15620	3,20380
96,0	3,08725	3,21125

$$V_t = 3{,}19454\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4704\,t + 10^{-6}\,0{,}0778\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005482$.

No. 61. Silber-Kupfer Legirung, enthaltend nach der Analyse 71,69 Gewichtsprocente Silber, vergoldet, drei Mal ausgekocht.

7,0	5,85330	5,85370
53,1	5,78990	5,86770
97,4	5,65130	5,88415

$$V_t = 5{,}85185\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4421\,t + 10^{-6}\,0{,}128\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005701$.

No. 62. Silber-Kupfer Legirung, enthaltend nach der Analyse 71,69 Gewichtsprocente Silber, von Neuem vergoldet, ein Mal ausgekocht.

10,1	5,85335	5,85500
52,4	5,79205	5,86795
98,1	5,64930	5,88505

$$V_t = 5{,}85232\,(1 + 10^{-4}\,0{,}4406\,t + 10^{-6}\,0{,}132\,t^2),$$

oder wenn

V bei $0^0 = 1$ ist, so ist V bei $100^0 = 1{,}005726$.

Die Legirungen No. 24 bis 33 gehören zu der ersten Gruppe, d. h. sie sind aus solchen Metallen zusammengesetzt, welche, wenn unter einander legirt, die Elektricität in dem Verhältnisse ihrer relativen Volumina leiten. No. 34 bis 38 gehören der dritten Gruppe an und sind aus denjenigen Metallen hergestellt, welche, wenn sie 1) unter einander oder 2) mit einem Metalle aus der ersten Gruppe —

diese Legirungen finden sich unter No. 49 bis 62 — legirt sind, die Elektricität stets schlechter leiten, als sich aus dem Mittel ihrer bezüglichen Volumina berechnet.

In Tabelle VIII sind die mittleren Formeln für die cubische, in Tabelle IX für die lineare Ausdehnung der obigen Legirungen durch Wärme zusammengestellt.

Tabelle VIII.

Legirung	Mittlere Correctionsformel für die cubische Ausdehnung durch Wärme
Sn_4Pb	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}6200\,t + 10^{-6}\,0{,}0988\,t^2)$
Pb_4Sn	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}8087\,t + 10^{-6}\,0{,}0332\,t^2)$
$CdPb$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}9005\,t + 10^{-6}\,0{,}0133\,t^2)$
Sn_4Zn	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}6377\,t + 10^{-6}\,0{,}0807\,t^2)$
Sn_6Zn	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}6236\,t + 10^{-6}\,0{,}0822\,t^2)$
$Bi_{44}Sn$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}3793\,t + 10^{-6}\,0{,}0271\,t^2)$
$BiSn_3$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4997\,t + 10^{-6}\,0{,}0101\,t^2)$
$Bi_{24}Pb$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}3868\,t + 10^{-6}\,0{,}0218\,t^2)$
$BiPb_3$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}8462\,t + 10^{-6}\,0{,}0159\,t^2)$
Cu + Zn (71 Proc. Cu)	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}5161\,t + 10^{-6}\,0{,}0558\,t^2)$
$AuSn_2$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}3944\,t + 10^{-6}\,0{,}0289\,t^2)$
Au_2Sn_3	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4165\,t + 10^{-6}\,0{,}0263\,t^2)$
Ag_4Au	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}5166\,t)$
$AgAu$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4916\,t)$
$AgAu$	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}3115\,t + 10^{-6}\,0{,}1185\,t^2)$
Ag + Pt (66,6 Proc. Ag)	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4246\,t + 10^{-6}\,0.0322\,t^2)$
Au + Cu (66,6 Proc. Au)	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4015\,t + 10^{-6}\,0{,}0642\,t^2)$
Ag + Cu (36,1 Proc. Ag)	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4884\,t + 10^{-6}\,0{,}0552\,t^2)$
Ag + Cu (71,6 Proc. Ag)	$V_t = V_0(1 + 10^{-4}\,0{,}4413\,t + 10^{-6}\,0{,}1300\,t^2)$

Tabelle IX.

Legirung	Mittlere Correctionsformel für die lineare Ausdehnung durch Wärme.
Sn_4Pb	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}2066\,t + 10^{-6}\,0{,}0329\,t^2)$
Pb_4Sn	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}2696\,t + 10^{-6}\,0{,}0332\,t^2)$
$CdPb$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}3002\,t + 10^{-6}\,0{,}0044\,t^2)$
Sn_4Zn	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}2126\,t + 10^{-6}\,0{,}0269\,t^2)$
Sn_8Zn	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}2079\,t + 10^{-6}\,0{,}0274\,t^2)$
$Bi_{44}Sn$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1264\,t + 10^{-6}\,0{,}0090\,t^2)$
$BiSn_3$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1666\,t + 10^{-6}\,0{,}0034\,t^2)$
$Bi_{24}Pb$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1293\,t + 10^{-6}\,0{,}0073\,t^2)$
$BiPb_3$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}2821\,t + 10^{-6}\,0{,}0053\,t^2)$
Cu+Zn (71 Proc. Cu)	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1720\,t + 10^{-6}\,0{,}0186\,t^2)$
$AuSn_2$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1315\,t + 10^{-6}\,0{,}0096\,t^2)$
Au_3Sn_7	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1388\,t + 10^{-6}\,0{,}0088\,t^2)$
Ag_4Au	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1722\,t)$
$AgAu$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1638\,t)$
$AgAu_4$	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1038\,t + 10^{-6}\,0{,}0395\,t^2)$
Ag+Pt(66,6 Proc. Ag)	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1415\,t + 10^{-6}\,0{,}0107\,t^2)$
Au+Cu(66,6 Proc. Au)	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1338\,t + 10^{-6}\,0{,}0214\,t^2)$
Ag+Cu(36,1 Proc. Ag)	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1628\,t + 10^{-6}\,0{,}0182\,t^2)$
Ag+Cu(71,6 Proc. Ag)	$L_t = L_0(1 + 10^{-4}\,0{,}1471\,t + 10^{-6}\,0{,}0433\,t^2)$

In Tabelle X findet sich die beobachtete und berechnete cubische Ausdehnung der obigen Legirungen zwischen 0° bis 100°. Die Berechnungen gründen sich auf die Annahme, dafs der Ausdehnungscoëfficient einer Legirung gleich ist dem Mittel der Coëfficienten der componirenden Metalle, bezogen auf die Volumina. In Tabelle XI sind die benutzten Zahlenwerthe für Aequivalent und specifisches Gewicht aufgeführt.

Tabelle X.

Legirung	Enthaltend Volum-Procente	$V_0 = 1$ V 100° beobachtet =	$V_0 = 1$ V 100° berechnet =
Sn_4Pb	22,28 Pb	1,007188	1,007225
Pb_4Sn	82,09 Pb	1,008419	1,008129
CdPb	58,49 Pb	1,009138	1,008847
Sn_4Zn	87,46 Sn	1,007184	1,007144
Sn_6Zn	91,28 Sn	1,007058	1,007066
$Bi_{44}Sn$	0,85 Sn	1,004064	1,003972
$BiSn_2$	42,81 Sn	1,005098	1,005207
$Bi_{24}Pb$	1,76 Pb	1,004086	1,004026
$BiPb_2$	46,26 Pb	1,008621	1,006007
Cu + Zn (71 Proc. Cu)	33,85 Zn	1,005719	1,006328
$AuSn_2$	60,85 Sn	1,004233	1,005919
Au_2Sn_7	73,14 Sn	1,004428	1,006223
Ag_4Au	19,86 Au	1,005166	1,005549
AgAu	49,79 Au	1,004916	1,005123
$AgAu_4$	79,86 Au	1,004300	1,004693
Ag + Pt (66,6 Proc. Ag)	19,65 Pt	1,004568	1,005207
Au + Cu (66,6 Proc. Au)	48,06 Au	1,004657	1,004716
Ag + Cu (36,1 Proc. Ag)	28,31 Ag	1,005436	1,005233
Ag + Cu (71,6 Proc. Ag)	73,13 Ag	1,005713	1,005607

Tabelle XI.

Metall	Aequivalent	Specifisches Gewicht
Cadmium	56,0	8,655
Zink	32,6	7,148
Blei	103,7	11,376
Zinn	58,0	7,294
Silber	108,0	10,468
Kupfer	31,7	8,950

Metall	Aequivalent	Specifisches Gewicht
Gold	197,0	19,265
Wismuth	208,0	9,822
Platin	—	21,400

Bei einer Vergleichung der beobachteten und berechneten Volumina stellt sich heraus, dafs die meisten so gut untereinander übereinstimmen, als man erwarten kann; es ist zu bedenken, dafs die beobachteten Werthe nicht als absolut richtig betrachtet werden können, und dafs eine Modification in der krystallinischen Form aller Wahrscheinlichkeit nach einen Unterschied in den Ausdehnungscoëfficienten veranlassen wird. Es ist hinreichend bekannt, dafs in vielen Fällen Legirungen weit leichter als die sie bildenden Metalle und nicht immer in derselben Form krystallisiren. Die Differenz zwischen Beobachtung und Berechnung für die Legirung $BiPb_2$ ist so grofs, dafs ich anfangs glaubte, ein Fehler sey bei der Anfertigung der Legirung vorgefallen; als ich sie aber aus diesem Grunde von Neuem dargestellt hatte, fand ich bei der zweiten Bestimmung (No. 42) denselben Ausdehnungscoëfficienten. Dafs die Ausdehnung der Gold-Zinn Legirungen hinter dem berechneten Mittel zurückbleibt, ist es verständlich, da aller Wahrscheinlichkeit nach chemische Verbindungen zwischen den beiden Metallen existiren.

Gerade wie man sagen kann, dafs »*das specifische Gewicht einer Legirung annähernd gleich ist dem mittleren specifischen Gewichte der Volumina der sie bildenden Metalle*«, so ist auch *das Volumen, welches eine Legirung zwischen* 0 *bis* 100° *hat, nahezu gleich dem Mittel der Volumina, welche die legirten Metalle bei derselben Temperatur einnehmen*, oder in andern Worten: *der Coëfficient für die cubische oder lineare Ausdehnung einer Legirung durch Wärme zwischen* 0 *bis* 100° *ist gleich dem Mittel der Ausdehnungscoëfficienten, welches aus den resp. Volumina der componirten Metalle abgeleitet wird.*

In Tabelle XII habe ich die Werthe aus Tabelle X zusammen mit den specifischen Gewichten und der Leitfähigkeit derjenigen Legirungen, welche zu meinen Versuchen gedient haben, aufgeführt.

Tabelle XII.

	Legirung	Volumen bei 100° beobachtet	Volumen bei 100° berechnet	Specifisches Gewicht beobachtet	Specifisches Gewicht berechnet	Leitfähigkeit beobachtet	Leitfähigkeit berechnet
1.	Sn_4Pb	1,007188	1,007225	8,188	8,203	10,57	10,63
2.	Pb_4Sn	1,008419	1,008129	10,590	10,645	8,28	8,43
3.	$CdPb$	1,009138	1,008847	10,246	10,246	12,61	13,72
4.	Sn_4Zn	1,007184	1,007144	—	—	13,22	13,45
5.	Sn_6Zn	1,007058	1,007066	—	—	12,66	12,84
6.	$Bi_{44}Sn$	1,004064	1,003972	9,803	9,801	0,245	1,28
7.	$BiSn_2$	1,005098	1,005207	8,772	8,738	3,96	5,59
8.	$Bi_{34}Pb$	1,004086	1,004026	9,845	9,850	0,257	1,30
9.	$BiPb_2$	1,008621	1,006007	10,956	10,541	2,09	4,23
10.	$Cu + Zn$ (33,85 Vol. Zn)	1,005719	1,006328	—	—	21,70	70,20
11.	$AuSn_2$	1,004233	1,005919	11,833	11,978	14,27	35,51
12.	Au_2Sn_7	1,004428	1,006223	—	—	6,00	28,25
13.	Ag_4Au	1,005166	1,005549	12,257	12,215	20,93	94,62
14.	$AgAu$	1,004916	1,005123	14,870	14,847	14,59	86,52
15.	$AgAu_4$	1,004300	1,004693	17,540	17,493	20,91	78,38
16.	$Ag + Pt$ (19,65 Vol. Pt)	1,004568	1,005207	—	—	6,70	83,60
17.	$Au + Cu$ (48,06 Vol. Au)	1,004657	1,004716	—	—	12,00	83,25
18.	$Ag + Cu$ (28,31 Vol. Ag)	1,005436	1,005233	—	—	67,85	95,00
19.	$Ag + Cu$ (73,13 Vol. Ag)	1,005713	1,005607	—		63,00	98,20

Die spec. Gewichte für einige Legirungen sind nicht angegeben, da sie nicht bestimmt wurden; die Gröfse aus den in dieser Abhandlung enthaltenen Daten abzuleiten würde ungenau seyn, da ich mich beim Gieſsen der Metalle für diese Untersuchung mehr bemühte, eine vollkommene Oberfläche, als durchaus massive Stücke zu erhalten. Ohne Zweifel waren in manchen derselben Höhlungen im Innern enthalten in Folge der schnellen äufsern Abkühlung; dieser Umstand hat mich auch bestimmt, die absoluten Gewichte der Metalle oder Legirungen nicht anzugeben. Wie oben die berechneten und beobachteten Gröfsen für die Ausdehnung der Legirung $BiPb_2$, so stimmen auch die für das spec. Gewicht schlecht überein.

Nach den eben mitgetheilten Resultaten erscheint es, dafs durch Bestimmungen der Ausdehnung durch Wärme kein allgemeines Merkmal für die chemische Natur der Legirungen aufgefunden werden kann, sondern dafs diese Eigenschaft denjenigen der Legirungen vielmehr beizuzählen ist, welche die chemische Natur derselben nicht anzeigen. In einem Reporte[1]) über die chemische Natur der Legirungen habe ich gezeigt, dafs wir durch Bestimmungen der elektrischen Leitfähigkeit eine Anschauung über die chemische Natur der Legirungen gewinnen können, und indem ich meine Berechnungen auf die dort aufgestellte Hypothese gründe, bin ich gegenwärtig im Stande, die Leitungsfähigkeit irgend einer Legirung zu bestimmen, welche als eine erstarrte Lösung des einen Metalls im andern betrachtet werden kann, mag auch diese Leitfähigkeit von dem berechneten Mittel des Leitungsvermögens der legirten Metalle in einem Grade abweichen, wie sich Beispiele in Tab. XII (No. 6 bis 19) finden.

Zum Schlusse spreche ich Hrn. Basselt und Hrn. Dr. M. Berend meinen Dank aus, für die ausgezeichnete Weise, in welcher sie den gröfseren Theil obiger Bestimmungen ausgeführt haben. Auch mufs ich Hrn. W. P. Wright meinen Dank sagen für die Uebernahme des gröfseren Theils der Berechnungen.

1) *Report of the British Association for* 1864.

IV. *Ueber das relative Volum der Verbindungen erster Ordnung; von P. Kremers.*

Die relativen Volumina, welche die Verbindungen erster Ordnung bei mittlerer Temperatur [1]) besitzen, sind hiernächst zusammengestellt [2]). Jedem der folgenden Schemata ist ein Atom oder ein Atomencomplex überschrieben, in Verbindung mit welchem die einzelnen Atome der Schemata die miteinander zu vergleichenden Verbindungen bilden.

Ebenen erster zweiter Richtung.

O

Li	Na	K			Rb			Cs
	11,0	17,7						

Mg	Zn	Cd
5,5	7,2	7,9

Ca	Sr	Ba
8,9	11,2	14,0

O_2

			Ta	Nb	Ti			
			11,1	11,4	9,6			
			Sn		Si			
			11,2		11,4			
Th			Zr		B			
14,5			10,6		12,7			

1) Die Volumina der gasförmigen und zumeist auch der flüssigen Verbindungen entsprechen der Temperatur 0°; bei den festen Verbindungen ist die Temperatur entweder gar nicht oder meist nur unvollkommen bekannt, indem zwar die des festen Körpers angegeben ist, nicht aber die des Wassers, womit derselbe verglichen wurde.

2) Diejenigen specifischen Gewichte, welche den Berechnungen der Volumina zu Grunde gelegt wurden und in der Abhandlung nicht angegeben sind, finden sich am Schlusse derselben zusammengestellt.

HO = 9,0 (1,000) [1])
HO_2 = 11,7 (1,452 Thenard)
YO = 8,7 (4,84 Eckeberg)
CO = 12281 (0,00114 Clement u. Desormes)
CO_2 = 11111 (0,00198 Regnault 48 [2])

Ebenen erster zweiter Richtung.

O_2			O_3		
W	V	Mo	W	V	Mo
18,9			18,3	26,0	16,4
Te	Se	S	Te	Se	S
13,5		11073			

VO = 16,2 (4,72 Schafarik 63)
CrO_3 = 18,0 (2,78 M. a. [3]) 2,74 Ehlers 60 und 2,82 Schafarik 63)

Ebenen erster dritter Richtung.

O_3			O_3			
J	Br	Cl	Bi	Sb	As	P
		17398	28,6	27,8	26,7	
		Fl				N

O_5			O_5			
J	Br	Cl	Bi	Sb	As	P
39,3				24,8	28,9	
		Fl				N

1) Um bei Verbindungen, welche bei mittlerer Temperatur mehrere Aggregatzustände besitzen, leicht unterscheiden zu können, ob das angegebene Volum dem festen, dem flüssigen oder dem gasförmigen Zustande entspricht, so sind die specifischen Gewichte im festen Zustande durch zwei Decimalen bezeichnet, im flüssigen Zustande durch drei und im gasförmigen Zustande durch fünf Decimalen.

2) Diejenigen Zahlen, welche dem Namen des Beobachters folgen, bezeichnen das Jahr der Publication. Wo eine solche Zahl fehlt, ist die Beobachtung dem Handbuche von Gmelin entnommen.

3) M. a. bedeutet Mittel aus.

NO = 11111 (0,00198 Colin)
NO_2 = 22222 (0,00135 Berard)
NO_4 = 31,7 (1,451 Dulong)
SbO_4 = 23,0 (6,70 Karsten)

Ebenen unbestimmter Richtung.

O		
	Pb	
	11,9	
Hg		Tl
9,7		

O			
		Ni	La
		5,5	9,2
Al	Fe	Ce	U

AgO = 14,0 (8,26 Karsten)
PbO_2 = 13,4 (8,93 Karsten)
Hg_2O = 23,2 (8,95 Karsten)
DO = 8,4 (6,64 Hermann 61)

BeO = 4,2 (3,04 Ebelmen 51)
RuO_2 = 9,5 (7,20 Deville und Debray 59)

Ebenen erster zweiter Richtung.

	S					
Li	Na 15,8	K 25,9			Rb	Cs
Mg	Zn 12,2	Cd 15,3				
Ca	Sr	Ba				

	S_2		
	Ta	Nb	Ti
	Sn 20,2		Si
Th 18,0	Zr		B

HS = 10968 (0,00155 Gay-Lussac und Thenard)
CS_2 = 29,4 (1,293 Pierre 48)
SnS = 15,1 (4,97 Schneider 55)

Ebene erster zweiter Richtung.

S_2

W	V	Mo
19,8		17,1
Te	Se	S

Ebenen erster dritter Richtung.

S_2

J	Br	Cl	
		40,2	
		Fl	

S_3

Bi		Sb	As	P
40,0		36,7	35,5	
				N

AsS_2 = 30,3 (3,54 monocl. Karsten)
PS = 26,1 (1,800 Dupré)
PS_6 = 62,9 (2,02 Dupré)

Ebenen unbestimmter Richtung.

S

	Pb	
	15,8	
Hg		T
14,4		27,5

S

		Ni	La
		8,6	
Al	Fe	Ce	U

AgS = 17,7 (7,00 reg.)
FeS_2 = 12,0 (5,00 reg.)

PtS = 13,0 (8,85 Böttger)
PtS_2 = 18,1 (7,22 Böttger)

$CdSe$ = 10,9 (8,79 Little 59)
HSe = 11243 (0,00362 Bineau)
$SnSe$ = 18,8 (5,24 Schneider 66)
$SnSe_2$ = 28,5 (4,85 Schneider 66)

$BiSe_3$ = 48,3 (6,82 Schneider 55)

$PbSe$ = 17,6 (8,15 Little 59)
Hg_2Se = 27,0 (8,88 reg. Little 59)
$HgSe$ = 19,3 (7,24 Kerl 52)
$AgSe$ = 18,5 (8,00 G. Rose)

$NiSe$ = 8,2 (8,46 Little 59)
$CoSe$ = 9,0 (7,65 Little 59)

HTe = 11188 (0,00581 Bineau)

$BiTe_3$ = 50,6 (7,94 Genth 60)
$SbTe_3$ = 48,4 (6,49 Bödeker u. Giesecke 60)

$PbTe$ = 20,5 (8,16 G. Rose)
$AgTe$ = 20,3 (8,49 G. Rose)

Ebenen erster zweiter Richtung

Fl						
Li	Na	K 23,7		Rb		Cs
Mg	Zn	Cd				
Ca 12,3	Sr	Ba 19,1				

Fl_2		
Ta	Nb	Ti
Sn		Si 11202
Th	Zr	B 15151

$AsFl_3$ = 48,4 (2,730 Unverdorben)

Ebenen erster zweiter Richtung.

Cl

Li	Na	K			Rb			Cs
20,9	27,2	37,5						

Mg	Zn	Cd
	24,8	25,2

Ca	Sr	Ba
25,0	27,5	28,1

Cl_2

Ta	Nb	Ti
		54,5

Sn		Si
57,3		55,9

Th				Zr		B
						58,0

H Cl = 22393 (0,00163 Buff)

Ebene erster dritter Richtung.

Cl_3

Bi		Sb	As	P
69,4		85,4	82,4	85,1

				N

V Cl_3 = 99,3 (1,764 Schafarik 58)

Ebenen unbestimmter Richtung.

Cl

	Pb	
	24,0	

Hg		Tl
25,1		34,1

Cl

		Ni	La
		25,4	

Al	Fe	Ce	U
	25,1		

$AgCl = 25{,}9$ (5,55)
$Hg_2Cl = 33{,}7$ (6,99 Karsten) .
$PtCl = 22{,}9$ (5,87 Bödeker 60)

Ebenen erster zweiter Richtung.

Br

Li	Na	K			Rb			Cs
	33,4	46,7						

Mg	Zn	Cd
	30,9	28,3

Ca	Sr	Ba
30,1	31,3	35,1

Br_2

Ta	Nb	Ti
		71,1

Sn		Si
65,9		61,9

Th				Zr		B
						62,2

$HBr = 23077$ (0,00351 Löwig)
$CBr = 35{,}3$ (2,436 Poselger 48)

Ebenen

erster dritter

Br_3

Bi		Sb	As	P
80,4		99,4	86,1	92,6

				N

unbestimmter Richtung

Br

	Pb	
	27,7	

Hg		Tl
30,4		

$AgBr = 29{,}4$ (6,40 M. a. 6,35 Karsten u. 6,45 Schröder 59)
$Hg_2Br = 38{,}3$ (7,31 Karsten)

Ebenen erster zweiter Richtung.

J

Li	Na	K		Rb	Cs
	43,5	54,6			

Mg	Zn	Cd
	34,0	40,0

Ca	Sr	Ba
	38,6	39,8

J_2

Ta	Nb	Ti

Sn		Si
66,6		

Th	Zr	B

HJ = 22184 (0,00577 Gay-Lussac)

Ebenen

erster dritter J_3

Bi	Sb	As	P
105	100	104	

	N

unbestimmter Richtung J

	Pb	
	38,0	

Hg		Tl
36,3		

AgJ = 42,0 (5,60)

Hg_2J = 42,8 (7,64 Karsten)

Den vorstehenden Beobachtungen zufolge werden die früher (Bd. 122, S. 245) zusammengestellten, das relative Volum der einzelnen Linien des Körpernetzes begränzenden Wellenlinien bei mittlerer Temperatur in sehr ver-

schiedener Weise verschoben, je nachdem die Linien [1]) des Körpernetzes mit den verschiedenen Atomen der beiden Ebenen erster dritter Richtung

Te	Se	S
		O

und

J	Br	Cl
		Fl

sich verbinden.

Diese Verschiebungen sind nicht blofs bedingt durch das Volum der mit den Linien des Körpernetzes sich verbindenden Atome, sondern überdiefs auch noch und zwar in oft sehr auffallender Weise sowohl durch den Verlauf der Affinitätsgränzen (Bd. 124, S. 406) als auch durch diejenigen Verschiebungen, welche die Gränzlinien des flüssigen Zustandes durch denselben Einfluſs erleiden (Bd. 125, S. 246).

Wenn die Linien erster und zweiter Richtung

Li	Na	K	Rb	Cs
Mg	Zn	Cd		
Ca	Sr	Ba		

oder auch die Linie dritter Richtung

H Li

sich mit O verbinden, so werden mit Ausnahme der beiden Punkte Zn und Cd die Volumina kleiner, die Linien nähern sich also der Abscissenaxe. Die Aenderungen, welche der Verlauf der Linien hierbei erleidet, bestehen hauptsächlich wohl nur darin, dafs die Differenzen der Volumina

1) d. h. jeder Punkt der Linien. Diese Abkürzung wird im Folgenden öfter benutzt.

Li	11,9	Na	11,5	K
4,9		19,1		38,7
Mg	2,3	Zn	1,9	Cd
5,8		12,6		
Ca	4,5	Sr		Ba

O

Li		Na	6,7	K
		3,8		9,8
Mg	1,7	Zn	0,7	Cd
3,4		4,0		6,1
Ca	2,3	Sr	2,8	Ba

kleiner werden und demzufolge die Minima, ohne ihre Lage zu ändern, entweder in weniger auffallender Weise hervortreten wie in den Linien zweiter Richtung

Na Zn Sr und K Cd Ba

oder auch verschwinden wie in der Linie erster Richtung

Mg Zn Cd.

Die Reduction, welche die Differenzen der Volumina erleiden, wenn die vorgenannten Linien des Körpernetzes sich mit O verbinden, wird in der Linie erster Richtung

Li Na K

hauptsächlich wohl dadurch bedingt, dafs hier die Gränzlinie der Affinität zu O (a. a. O.) bei steigender Progression der Abscissenaxe sich nähert.

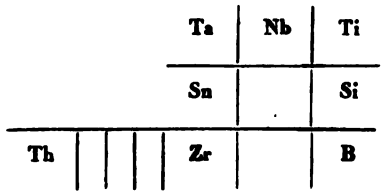
Wird in den vorgenannten Linien des Körpernetzes O durch S ersetzt, so entfernen sich die Wellenlinien des Volums wieder von der Abscissenaxe.

Wenn die genannten Linien mit Fl sich verbinden, so werden dieselben gleichfalls der Abscissenaxe genähert. Wird Fl durch Cl ersetzt, so entfernen sich die Linien gleichfalls wieder von der Abscissenaxe. Sie haben indefs alsdann mit Ausnahme des Punktes K die ursprüngliche Linie bereits überschritten und entfernen sich von der Abscissenaxe mehr und mehr, wenn Cl durch Br oder Br durch J ersetzt wird. Auch die Differenzen der Volumina werden hierbei bis auf wenige Ausnahmen kleiner.

Die vorerwähnten Verhältnisse sind in den Fig. 1 und 2 Taf. III graphisch dargestellt. Daselbst sind die relativen

Gewichte der einzelnen Atome durch Abscissen und deren relative Volumina durch Ordinaten bezeichnet. Um leicht übersehen zu können, welche Verschiebungen die Volumscurven der Linien des Körpernetzes durch deren Verbindung mit einem der genannten Atome erleiden, so sind die relativen Gewichte der einzelnen Atome und deren Verbindungen durch gleiche Abscissen dargestellt und die einzelnen Volumscurven durch dasjenige Atom bezeichnet, welches mit den Linien des Körpernetzes verbunden ist.

Wenn die Linien erster und zweiter Richtung



oder auch die Linie dritter Richtung

Si C

sich mit O_2 verbinden, so entfernen sich diese Linien mit Ausnahme des Punktes Th [1]) von der Abscissenaxe. Die Differenzen der Volumina

Ta	1,1	Nb		Ti
1,7				
Sn				Si
				3,0
Zr				B

Si 4,0 C

O_2

Ta	0,3	Nb	1,8	Ti
0,1				1,8
Sn				Si
0,6				1,3
Zr				B

Si 11100 C

werden hierbei kleiner, wechseln mitunter ihr Vorzeichen und überschreiten alsdann ihre frühere Gröfse nur in der Linie dritter Richtung

Si C.

1) Th = 15,1 (7,73 Chydenius 66).

In dieser Linie ist der überwiegende Einfluſs, welchen die Gränzlinie des flüssigen Zustandes äuſsert, nicht zu verkennen.

Wird in den vorgenannten Linien des Körpernetzes O_2 durch S_2 ersetzt, so entfernen sich die Wellenlinien des Volums mit Ausnahme des Punktes C noch weiter von der Abscissenaxe.

Wenn die genannten Linien mit Fl_2 sich verbinden, so entfernen sie sich gleichfalls von der Abscissenaxe. Auch die Differenzen der Volumina wechseln hierbei in der Linie zweiter Richtung

Ti Si B

ihr Vorzeichen und erreichen dadurch, daſs die Gränzlinien des flüssigen Zustandes die mittlere Temperatur durchkreuzen, hier eine bedeutende Gröſse.

Wenn die Linien erster und zweiter Richtung

W	V	Mo
Te	Se	S

sich mit O_2 verbinden, so entfernen sich dieselben von der Abscissenaxe. Hierbei wird nur in der Linie erster Richtung

Te Se S

das Maximum des Volums verschoben, indem hier die Gränzlinien des flüssigen Zustandes die mittlere Temperatur durchkreuzen. Der Zutritt eines dritten Atoms O bedingt in der Linie erster Richtung

W V Mo

eine noch weitere Entfernung derselben von der Abscissenaxe.

Dasselbe wird auch beobachtet, wenn in dieser Linie O_2 durch S_2 ersetzt wird.

Wenn die Linie erster Richtung

Bi · Sb As P

mit O_2 sich verbindet, so entfernt sich dieselbe von der Abscissenaxe. Die Differenzen der Volumina

Sb 4,8 As SbO_2 1,1 AsO_2

werden hierbei kleiner.

Wird O_2 durch S_2 ersetzt, so entfernt sich diese Linie noch weiter von der Abscissenaxe.

Dasselbe Verhalten wird auch beobachtet, wenn das Atom As mit Fl_2 sich verbindet und dieses durch Cl_2 ersetzt wird.

Wenn die Linien erster und zweiter Richtung

Li	Na	K			Rb			Cs
Mg	Zn	Cd						
Ca	Sr	Ba						

oder auch die Linie dritter Richtung

H Li

mit O sich verbinden, so wird die Modification des mittlern Volums bei steigender Progression in den Linien erster und dritter Richtung kleiner, ohne indefs irgendwo den Werth + 0,99 zu erreichen. In der Linie erster Richtung

Mg Zn Cd

ist dieselbe etwas gröfser als in den beiden nebenliegenden Linien. In der Linie zweiter Richtung

Na Zn Sr

erreicht daher die Modification des mittlern Volums bei Zn ein Maximum.

Wenn die genannten Linien mit S sich verbinden, so ist die Modification des mittlern Volums

$NaS = +0{,}50$ $KS = +0{,}51$

$ZnS = +0{,}02$ $CdS = -0{,}07$ [1])

$HS = +0{,}01$.

Wenn die genannten Linien mit Cl sich verbinden, so verhält sich die Modification des mittlern Volums gegen

1) $CdSe = +0{,}26$.

so, wie wenn sich diese Linien mit O verbinden. Die Werthe sind nur etwas kleiner, ohne indefs den Werth $+0{,}99$ zu erreichen [1]).

Wenn die genannten Linien mit Br sich verbinden, so ist die Modification des mittlern Volums

$$\begin{array}{llll} \mathrm{Na\,Br} = +0{,}34 & \mathrm{K\,Br} = +0{,}35 \\ \mathrm{Zn\,Br} = +0{,}02 & \mathrm{Cd\,Br} = +0{,}15 \\ \mathrm{Ca\,Br} = +0{,}24 & \mathrm{Sr\,Br} = +0{,}29. \end{array}$$

Wenn die genannten Linien mit J sich verbinden, so ist die Modification des mittlern Volums

$$\begin{array}{llll} \mathrm{Na\,J} = +0{,}12 & \mathrm{K\,J} = +0{,}23 \\ \mathrm{Zn\,J} = -0{,}12 & \mathrm{Cd\,J} = -0{,}24 \\ \mathrm{Sr\,J} = +0{,}10. \end{array}$$

Die vorstehenden Werthe sind in den Fig. 3 und 4 Taf. III graphisch dargestellt. Daselbst sind die relativen Gewichte der einzelnen Atome durch Abscissen und die Modificationen des mittlern Volums, welche die Verbindung dieser Atome mit den an den Endpunkten der einzelnen Curven angegebenen Atomen begleiten, durch Ordinaten bezeichnet. Um leicht übersehen zu können, wie die Curven des Volums im Vergleich mit denen der Modification des mittlern Volums verlaufen, so sind die Anfangspunkte der Abscissen für zusammengehörige Figuren untereinander gelegt. Die Curven der Modification des mittlern Volums folgen hiernach nicht blofs in derselben Ordnung aufeinander, sondern verlaufen überdiefs auch noch gröfstentheils in gleichem Sinne wie die Volumscurven der Verbindungen.

Wenn die Linie zweiter Richtung

Si B

mit O_2 sich verbindet, so wird die Modification des mittlern Volums bei steigender Progression gröfser.

Dasselbe wird auch beobachtet, wenn die genannte Linie mit Cl_2 sich verbindet. In letzterm Falle ist die Modification des mittlern Volums kleiner als in ersterm, ohne indefs den Werth $+0{,}99$ zu erreichen.

1) ausgenommen H Cl.

Wenn die Linie erster Richtung

Bi · Sb As P

mit O_3 sich verbindet, so wird die Modification des mittlern Volums bei steigender Progression kleiner, ohne indefs den Werth $+0{,}99$ zu erreichen.

Verbindet sich die genannte Linie mit S_3, so ist die Modification des mittlern Volums

$BiS_3 = +0{,}11$ $SbS_3 = +0{,}12$ $AsS_3 = +0{,}04$.

Verbindet sich dieselbe Linie mit Cl_3 oder Br_3 oder J_3, so verlaufen bei gleichem Aggregatzustande der Verbindungen die Curven der Modification des mittlern Volums in entgegengesetztem Sinne wie die des Volums. In dieser Linie entspricht also das Verhältnifs beider Curven zueinander dem in der Linie

Mg Zn Cd

beobachteten. Wie in dieser Linie, so ist ferner auch in der Linie

Bi · Sb As P,

wenn dieselbe sich mit Cl_3 verbindet, die Modification des mittlern Volums gröfser als $+0{,}99$ wohingegen, wenn dieselbe sich mit Br_3 verbindet, sie nur noch

$BiBr_3 = +0{,}21$ $AsBr_3 = +0{,}08$

und, wenn dieselbe sich mit J_3 verbindet, sie schon

$BiJ_3 = -0{,}07$ $SbJ_3 = -0{,}05$ $AsJ_3 = -0{,}15$

ist.

Wenn angenommen wird, dafs jedes Atom einer Linie des Körpernetzes aus den halbirten nebenliegenden Atomen zusammengesetzt ist, so berechnet sich die Modification des mittlern Volums aus den vorliegenden Werthen für einzelne Punkte dieser Linien wie folgt:

Na	$= +0{,}17$	Zn	$= +0{,}31$		
		ZnO	$= -0{,}07$	SrO	$= +0{,}02$
Mg	$= +0{,}44$	Zn	$= +0{,}78$		
		ZnO	$= +0{,}35$	CdO	$= +0{,}50$

Na = +0,17	Zn = +0,31		
NaCl = +0,07		SrCl = −0,04	
		SrBr = +0,04	
Mg = +0,44	Zn = +0,78		
	ZnCl = +0,09	CdCl = +0,23	
	ZnBr = +0,04	CdBr = +0,31	
	ZnJ = +0,17	CdJ = +0,15.	

Die in den Linien des Körpernetzes

Na Zn Sr und Mg Zn Cd

beobachtete Modification des mittlern Volums wird hiernach kleiner, wenn diese Linien sich mit einem der Atome O oder Cl oder Br oder J verbinden. Obgleich hierbei die Wirkung der gröfsern Masse, auf welche ein und dieselbe Modification sich vertheilt, nicht zu verkennen ist, so bestimmt diese doch keineswegs allein den relativen Werth der Modification.

In den beiden Linien des Körpernetzes

Na Zn Sr und Mg Zn Cd

wird die Modification des mittlern Volums bei steigender Progression gröfser. Dieses Verhältnifs wird nicht geändert, wenn sich diese beiden Linien mit O verbinden; es wird gleichfalls nicht geändert, wenn sich die letztere der beiden Linien mit Cl oder Br verbindet; es wird dagegen geändert, wenn sich die erstere Linie mit Cl oder die letztere mit J verbindet.

Bei correspondirenden Temperaturen d. h. bei den Gränztemperaturen der verschiedenen Aggregatzustände verhalten sich die Volumina zu einander wie folgt [1]):

1) fst. Sm. fl. bedeutet fest Schmelzpunkt flüssig.
fl. Sd. gs. bedeutet flüssig Siedepunkt gasförmig.
Die Temperaturen, welche den Berechnungen der folgenden Werthe zu Grunde gelegt wurden, sind die früher (Bd. 125, S. 246) zusammengestellten; die specifischen Gewichte und Ausdehnungscoëfficienten die folgenden:
HO fst. Sm. 0,92 Dufour 62, Duvernoy 62; Sm. fl. — fl. Sd. Kremers 61; Sd. gs. Gay-Lussac.

HO	=	9,8 fst. Sm.	fl. 9,0	9,4 fl. Sd. gs.	15300
CO_2	=			18	7948
SO_2	=			21,9	10669
SO_3	=	20,5	20,3		12416
HS	=			18,9	8486
CS_2	=			31,1	12976
ClS_2	=			45,7	

CO_2 fl. Sd. ungefähr Andreeff 59; Sd. gs. Regnault 48; hier sowohl als auch bei den folgenden Verbindungen ist Sd. gs. nur annähernd berechnet, da die Ausdehnung der Gase (zu $\frac{1}{272}$ für jeden Grad angenommen) in der Nähe des Siedepunktes nicht gleichmäfsig ist. Spec. Gewicht der Luft = $\frac{1}{773}$ Kohlrausch 56.

SO_2 fl. Sd. Pierre 48; Andreeff 59; Sd. gs. Buff.

SO_3 fst. Sm. 1,95 Morveau; Sm. fl. Bussy; Sd. gs. Mitscherlich.

HS fl. Sd. ungefähr Faraday; Sd. gs. Gay-Lussac und Thenard.

CS_2 fl. Sd. Pierre 48; Sd. gs. Gay-Lussac.

ClS_2 fl. Sd. Kopp 55.

$TiCl_2$ fl. Sd. Pierre 48; Sd. gs. Dumas.

$SiCl_2$ fl. Sd. Pierre 48; Sd. gs. Dumas. Die Volumina fl. Sd. der Verbindungen $SiCl_2$ und $SnCl_2$ und PCl_3 sowie auch das Volum 106° der Verbindung PBr_3 wurden nur mittelst der Constanten t und t^2 berechnet, indem die Constanten t^3, wie sie wenigstens in dem Jahresberichte von Liebig und Kopp angegeben sind, als unrichtig sich erwiesen.

BCl_2 fl. Sd. annähernd Wöhler und Deville 57; Sd. gs. Wöhler und Deville 57.

$SnCl_2$ fl. Sd. Pierre 48; Sd. gs. Dumas

$SbCl_3$ Sm. fl. 2,676 Kopp 55; fl. Sd. Kopp 55; Sd. gs. Mitscherlich.

$AsCl_3$ fl. Sd. Pierre 48; Sd. gs. Dumas.

PCl_3 fl. Sd. Pierre 48; Sd. gs. Dumas.

$SiBr_2$ Sm. fl. Pierre 48; fl. Sd. Pierre 48.

$SnBr_2$ 3,322 flüssig, bei 39° Bödeker Beziehungen usw. Leipzig 62, S. 9, dagegen 36° S. 85. Ob diese Temperatur dem Schmelzpunkte entspricht, ist daselbst nicht angegeben. Das hieraus berechnete Volum ist 65,9 und demnach gröfser als Sm. fl. $SiBr_2$.

$SbBr_3$ Sm. fl. 3,641 Kopp 55; fl. Sd. Kopp 55.

PBr_3 fl. Sd. Pierre 48.

$Ti Cl_2$ =		63,0	16250
$Si Cl_2$ =		60,4	13402
$B Cl_2$ =		58,0	16047
$Sn Cl_2$ =		65,7	15628
$Sb Cl_3$ =	85,4	97,7	41077
$As Cl_3$ =		95,0	33197
$P Cl_3$ =		92,6	27691
$Si Br_2$ =	61,2	72,1	
$Sb Br_3$ =	99,4	115	
$P Br_3$ =		108	

Bei steigender Progression werden hiernach die Volumina gröfser

an der untern Gränze des flüssigen Zustandes in der Linie erster Richtung

$Sb Br_3$ $Sb Cl_3$ [1]),

an der obern Gränze des flüssigen Zustandes in der genannten und in den Linien

erster Richtung		$Si Br_2$	$Si Cl_2$
		$P Br_3$	$P Cl_3$
	$Sn Cl_2$	.	$Si Cl_2$*
	$Sb Cl_3$	$As Cl_3$	$P Cl_3$*
	$Sb Br_3$	.	$P Br_3$
zweiter Richtung	$Ti Cl_2$	$Si Cl_2$	$B Cl_2$
dritter Richtung		HS	HO
		CS_2	CO_2*,

an der untern Gränze des gasförmigen Zustandes in denjenigen der genannten Linien, welche durch * bezeichnet sind.

Bei steigender Progression werden dagegen die Volumina kleiner oder erreichen ein Minimum nur an der untern Gränze des gasförmigen Zustandes in den Linien

dritter Richtung		HS	HO	und
zweiter Richtung	$Ti Cl_2$	$Si Cl_2$	$B Cl_2$.	

Werden die correspondirenden Volumina mit den cor-

1) und wahrscheinlich auch in der Linie erster Richtung $Sn Br_2 \cdot Si Br_2$.

respondirenden Temperaturen (Bd. 125, S. 246) verglichen, so entspricht in den vorstehenden Linien mit alleiniger Ausnahme der Linie dritter Richtung

HS HO

an der obern Gränze des flüssigen Zustandes dem gröfsern correspondirenden Volum die gröfsere correspondirende Temperatur.

Die Modification des mittlern correspondirenden Volums berechnet sich aus den vorstehenden Zahlen für einzelne Punkte des Körpernetzes wie folgt:

$$\underline{\underline{Si}}\,Cl_2 = 0{,}00 \text{ fl. Sd. gs. } + 0{,}17$$

$$\underline{As}\,Cl_3 = 0{,}00 \qquad + 0{,}03.$$

Diese Werthe sind sämmtlich kleiner als diejenigen, welche für die Modification des mittlern Siedepunktes (Bd. 125, S. 255) gefunden wurden.

Zusammenstellung

derjenigen specifischen Gewichte, welche den Berechnungen der Volumina zu Grunde gelegt wurden und in der Abhandlung nicht angegeben sind [1]).

$As\,Br_3$	3,66	Bödeker 60.
Cl_3	2,205	Pierre 48.
J_3	4,39	Bödeker 60.
O_2	3,72	Karsten
O_3	3,99	M. a.
	3,73	Karsten
	4,25	Filhol 48
S_3	3,47	M. a.
	3,46	Karsten
	3,48	Mohs
$B\,Br_3$	2,690	Wöhler u. Deville 57
Cl_3	1,350	Wöhler u. Deville 57
Fl_3	0,00299	Dumas
O_2	1,83	Royer u. Dumas

1) Wo bei einer Verbindung mehrere spec. Gewichte angegeben sind, wurde das Volum aus dem ersten berechnet.

Bi_2Br	4,23	Schiff 58
Cl	3,70	Karsten, Kremers 52
Fl	4,58	Bödeker 60
J	4,92	Filhol 48
O	5,46	Filhol 48
$Bi Br_3$	5,60	Bödeker 60
Cl_6	4,56	Bödeker 60
J_3	5,65	Bödeker 60
O_3	8,17	Karsten
S_3	6,45	Karsten
Ca Br	3,32	Bödeker 60
Cl	2,22	M. a.
	2,20	Schiff 58
	2,24	Filhol 48
Fl	3,16	Luca 60, M. a.
	3,14	Schiff 58
	3,18	Kenngott 53
O	3,14	M. a.
	3,08	Royer u. Dumas
	3,16	Karsten
	3,18	Filhol 48
Cd Br	4,81	Bödeker u. Giesecke 60
Cl	3,63	Bödeker 60
J	4,58	Bödeker 60
O	8,11	Werther 52
S	4,70	M. a.
	4,60	Karsten
	4,80	Brooke
$Cl O_3$	0,00342	Millon 60
S_2	1,680	Kopp 55
Fe Cl	2,53	Filhol 48
Hg Br	5,92	Karsten
Cl	5,40	Karsten
J	6,25	Filhol 48
	6,20	Karsten.
	6,32	Boullay
O	11,17	M. a.

	11,14	Joule u. Playfair 49
	11,19	Karsten
S	8,06	Karsten
JO_3	4,25	Filhol 48
K Br	2,55	M. a.
	2,41	Karsten
	2,69	Schröder 59
Cl	1,99	Filhol 48, Buignet 61
	1,95	Kopp
	2,00	Schiff 58, Schröder 59
Fl	2,45	Bödeker 60
J	3,04	M. a.
	2,97	Buignet 61
	3,06	Filhol 48
	3,08	Schröder 59
O	2,66	Karsten
S	2,13	Filhol 48
La O	5,94	Hermann 61
Li Cl	2,03	M. a.
	2,00	Kremers 57
	2,07	Schröder 59
Mg O	3,64	Ebelmen 51
	3,65	Rose 48
MoO_2	5,67	Bucholz
O_3	4,39	Schafarik 58
S_2	4,69	Hofmann [1])
Na Br	3,08	Kremers 57
Cl	2,15	Kopp, Schiff 58
	2,16	Schröder 59
J	3,45	Filhol 48
O	2,81	Karsten
S	2,47	Filhol 48
NbO_2	5,67	M. a.
	5,34	Nordenskiöld 61
	6,09	Rose 59
Ni Cl	2,56	Schiff 58

1) Bödeker, Beziehungen usw. Leipzig 62, S. 75.

O	6,80	Ebelmen 51
S	5,28	Miller
	5,00	Breithaupt
	5,65	Rammelsberg
PBr_3	2,925	Pierre 48
Cl_6	1,616	Pierre 48
Pb Br	6,62	M. a.
	6,61	Kremers 52
	6,63	Karsten
Cl	5,80	Karsten, Schabus 50
	5,78	Schiff 58
J	6,07	Schiff 58, M. a.
	6,03	Karsten
	6,11	Boullay
O	9,36	Filhol 46, Joule u. P. 48
	9,21	Karsten
	9,50	Boullay
S	7,58	Karsten
SO_2	0,00289	Buff
O_3	1,95	Morveau
SbJ_3	5,01	Bödeker 60
O_3	5,26	Senarmont 51
O_5	6,53	Boullay
S_3	4,63	Breithaupt M. a.
	4,62	Mohs
	4,64	Rose 53
$SiBr_2$	2,813	Pierre 48
Cl_2	1,524	Pierre 48
	1,501	Mendelejeff 61
Fl_2	0,00466	Dumas
O_2	2,65	Royer u. Dumas
	2,66	Deville 55
$SnCl_2$	2,267	Pierre 48
J_2	4,70	Bödeker 60
O_2	6,72	Daubrée 49
	6,71	Joule u. Playfair 48
S_2	4,51	M. a.

	4,42	Boullay
	4,60	Karsten
Sr Br	3,96	Bödeker 60
Cl	2,88	M. a.
	2,80	Karsten
	2,96	Filhol 48
J	4,42	Bödeker 60
O	4,61	Filhol 48
Ta O_2	7,66	Rose 57
Te O_2	5,93	Schafarik 63
Th O_2	9,17	M. a.
	9,14	Chydenius 63
	9,21	Nordenskiöld u. Ch. 60
S_2	8,29	Chydenius 63
Ti Br_2	2,60	Duppa 56
Cl_2	1,761	Pierre 48
O_2	4,27	Ebelmen 51
Tl Cl	7,02	Lamy 62
	7,00	Willm 65
S	8,00	Lamy 62
UO	10,15	Ebelmen
VO_2	3,56	Schafarik 63
WO_2	12,11	Karsten
O_3	6,34	Nordenskiöld 61
S_2	6,26	Schafarik 63.
Zn Br	3,64	Bödeker 60
Cl	2,75	Bödeker 60
J	4,70	Bödeker u. Giesecke 60
O	5,64	Brooks 48, M. a.
	5,61	Filhol 48
	5,68	Blake 60
S	4,00	Karsten
Zr O_2	5,73	Nordenskiöld 61

V. *Zur Dioptrik der Linse;*

von Jacob Müller,

Stud. med. in Zürich.

Es ist in der optischen Wissenschaft immer noch üblich, die Linsen nach bekannten Principien einzutheilen, in Convex- und Concavlinsen, Linsen mit positiven Brennweiten und solche mit negativen Brennweiten, Collectivlinsen und Dispansivlinsen, Vergrösserungsgläser und Verkleinerungsgläser. Wenn nicht alle, so scheinen dann doch wenigstens einige der je zuerst wie der zuletzt genannten Gruppen als vollkommen identisch betrachtet zu werden. Dafs diefs indessen durchaus nicht statthaft ist, zeigt deutlich eine nähere Analyse der Brechungsverhältnisse der Linse für Strahlen ganz in der Nähe ihrer Scheitel befindlicher Objectpunkte; sie soll in den folgenden Zeilen gegeben werden. Es soll dabei, der gewöhnlichen Auffassung entsprechend, unter Linse zunächst verstanden seyn ein von zwei Kugelsegmenten begränztes, sehr dünnes Stück einer durchsichtigen Substanz, rings umgeben von einem andern durchsichtigen Stoffe.

Nach den Gauss'schen Entwickelungen findet bekanntlich zwischen zwei conjugirten Vereinigungsweiten p und p^* die Beziehung statt:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p^*} = \frac{1}{f} \quad \ldots\ldots \text{(I).}$$

Zugleich ergeben sich nach jenen Untersuchungen, wenn r_1 und r_2 die beiden Radien, n_1 und n_2 die (absoluten) Brechungsexponenten der beiden optischen Medien, N_1 und N_2 die Abscissen ihrer Scheitel mit dem Abstande d, E und E^* die Abscissen der beiden Hauptpunkte bezeichnen, und wenn wir endlich kürzehalber $r_2 - r_1 + d = \Delta$ und $\frac{n_1}{n_2} = \nu$ setzen, ganz leicht die folgenden Werthe:

Die Entfernung des ersten Hauptpunktes vom ersten Scheitel:

$$s_1 = E_1 - N_1 = -\frac{dn_1 r_1}{n_2(r_2 - r_1 + d) - n_1 d} = -r_1 \frac{\nu d}{\Delta - \nu d} \quad (1)$$

die Entfernung des zweiten Hauptpunktes vom zweiten Scheitel

$$s_2 = N_2 - E_2 = \frac{dn_1 r_2}{n_2(r_2 - r_1 + d) - n_1 d} = r_2 \frac{\nu d}{\Delta - \nu d} \quad (2)$$

die Entfernung der beiden Hauptpunkte

$$e = d - s_1 - s_2 = d\frac{(n_2 - n_1)(r_2 - r_1 + d)}{(n_2 - n_1)d + n_2(r_2 - r_1)} = d\frac{(1-\nu)\Delta}{\Delta - \nu d} \quad (3)$$

die Brennweite

$$f = \frac{n_1 n_2 r_1 r_2}{(n_2 - n_1)[n_2(r_2 - r_1 + d) - n_1 d]} = \frac{\nu}{1-\nu} \cdot \frac{r_1 r_2}{\Delta - \nu d} \quad (4).$$

In diesen Formeln können r_1 und r_2 jeden beliebigen Werth zwischen $-\infty$ und $+\infty$ (Null natürlich ausgenommen) annehmen. d sowie n_1 und n_2 sind jedenfalls immer positiv; da wir im Folgenden n_2 stets gröfser als n_1 annehmen wollen, so ist also ν ein ächter Bruch, und zwar dürfen wir, der kleinen Dicke der Linse wegen, immer $\nu d < r_1$ oder $< r_2$ (beide numerisch genommen) setzen. Δ endlich kann zwar im Allgemeinen jeden beliebigen Werth annehmen; speciell aber für die einzelnen Linsenarten kann es nur innerhalb gewisser Gränzen variiren. Diese Gränzen sind, wie sich aus dem Wesen der betreffenden Linsen unmittelbar ergiebt, näher folgende:

Für Convexlinsen ist, 1) wenn beide Radien entgegengesetzte Zeichen haben (für die biconvexen und planconvexen Linsen also), Δ stets negativ mit jedem beliebigen numerischen Werthe. 2) Wenn die Radien dasselbe Zeichen haben (für die concavconvexen Linsen), Δ stets positiv, und zwar im numerischen Werthe unbeschränkt, sowohl wenn die Radien positiv, als wenn sie negativ sind.

Für die Concavlinsen, deren Radien 1) ungleiche Zeichen haben (biconcave und planconcave Linsen), ist Δ jedenfalls positiv und zwar $> \nu d$. 2) Für Radien mit gleichen Zeichen (convexconcave Linsen) ist Δ immer negativ und zwar mit jedem beliebigen numerischen Werthe, sowohl wenn die Radien positiv als wenn sie negativ sind.

Aus 1) nun folgt:

ε_1 ist positiv: für positive r_1, wenn $\Delta = -$ oder wenn $\Delta = +$ und $< \nu d$

ε_1 ist positiv: für negative r_1, wenn $\Delta = +$ und $> \nu d$

ε_1 ist negativ: für positive r_1, wenn $\Delta = +$ und $> \nu d$

für negative r_1, wenn $\Delta = -$ oder wenn $\Delta = +$ und $< \nu d$.

Speciell also gilt für die einzelnen Linsenarten, für welche soeben Δ bestimmt wurde: Convexlinsen wie Concavlinsen, deren Radien ungleiche Zeichen haben, erfüllen immer eine der ersten zwei Bedingungen: für die bi- und planconvexen Linsen ist ja immer Δ negativ, r_1 aber positiv; für die bi- und planconcaven Linsen ist Δ immer $> \nu d$, r_1 aber negativ. Für alle biconvexen und biconcaven Linsen also sind die Werthe von ε_1 stets positiv; als Gränzfälle sind dabei eingeschlossen die planconvexen und planconcaven Linsen. Haben dagegen r_1 und r_2 gleiche Zeichen, dann hängt es noch von ihren numerischen Werthen ab, welche der obigen Bedingungen erfüllt ist, welches Zeichen also ε_1 hat. Aus den oben gegebenen Werthen von Δ für diese Fälle ist aber sofort klar, daſs sowohl für die convexconcaven, wie für die concavconvexen Linsen die Möglichkeit beider Zeichen von ε_1 gegeben ist. Näher noch ist für die concavconvexen Linsen diese doppelte Möglichkeit vorhanden, in dem Falle, wo r_1 und r_2 beide positiv, wie in demjenigen, wo beide negativ; für die convexconcaven Linsen dagegen ist allerdings ein positives ε_1 nur möglich, wenn r_1 urd r_2 beide positiv, ein negatives ε_1 nur dann, wenn beide negativ.

Aus 2) folgt ebenso:

ε_2 ist positiv: für positive r_2, wenn Δ positiv und $> \nu d$

für negative r_2, wenn Δ negativ oder wenn Δ positiv und $< \nu d$

ε_2 ist negativ: für positive r_2, wenn Δ negativ oder wenn Δ positiv und $< \nu d$

ε_2 ist negativ: für negative r_2, wenn Δ positiv und $> \nu d$.

Bei ungleichen Zeichen von r_1 und r_2 sind also wieder die ersten Bedingungen erfüllt, d. h. alle biconvexen (ein-

geschlossen die planconvexen), wie alle biconcaven (eingeschlossen die planconcaven) Linsen haben positive ε_2. Für ungleiche Zeichen von r_1 und r_2 dagegen bleibt das Vorzeichen von ε_2 wieder abhängig von den numerischen Werthen dieser Gröfsen. Näher kann wieder sowohl für concavconvexe Linsen mit positiven Radien, als für solche mit negativen Radien ε_2 positiv oder negativ werden, während andrerseits ein positives ε_2 nur bei Convexconcavlinsen mit negativen Radien, ein negatives ε_2 nur bei solchen mit positiven Radien möglich ist.

Ein Vergleich aber der Bedingungen für die Natur der Gröfse ε_1 und ε_2 ergiebt, dafs für die eine Linsengruppe (deren Radien entgegengesetzte Vorzeichen besitzen) ε_1 und ε_2 jedesmal gleichzeitig positiv werden, dafs für die andere dagegen (mit Radien gleichen Vorzeichens) jedesmal das eine positiv, das andere negativ ist.

Aus Gleichung (3) folgt:

e ist positiv, wenn Δ negativ oder wenn Δ positiv und $> \nu d$

e ist negativ, wenn Δ positiv und $< \nu d$.

Bei den biconvexen und biconcaven Linsen, wieder mit Einschlufs der planconvexen und planconcaven, ist offenbar stets die erste Bedingung erfüllt, d. h. für sie ist e stets positiv. Bei den concavconvexen Linsen sehen wir Δ positiv mit allen möglichen numerischen Werthen. Hier also können beide Bedingungen erfüllt seyn; e also kann $\pm$ seyn; ersteres wird indessen weitaus häufiger eintreten. Bei den convexconcaven Linsen endlich kann Δ alle möglichen negativen Werthe annehmen; für sie kann daher e nur positiv seyn.

Aus Gleichung (4) endlich ergiebt sich

f ist positiv: bei ungleichen Zeichen von r_1 und r_2, wenn Δ negativ, oder wenn $\Delta + u. < \nu d$

f ist positiv: bei gleichen Zeichen von r_1 und r_2, wenn Δ positiv und $> \nu d$

f ist negativ: bei ungleichen Zeichen von r_1 und r_2 wenn Δ positiv und $> \nu d$

f ist negativ: bei gleichen Zeichen von r_1 und r_2
wenn Δ negativ, oder wenn $\Delta +$ und $< \nu d$.

Die biconvexen Linsen erfüllen immer die erste, die biconcaven immer die dritte dieser Bedingungen; für jene ist f immer positiv, für diese immer negativ. Die concavconvexen Linsen, welche sowohl der zweiten wie der vierten Bedingung genügen können, können sowohl eine positive wie eine negative Brennweite besitzen. Die convexconcaven Linsen endlich genügen nur der letzten Bedingung und haben also immer eine negative Brennweite.

Es giebt also convexe Linsen, welche auch eine negative Brennweite haben, während alle concaven Linsen nur eine negative besitzen. Die Begriffe »Convexlinse« und Linse mit positiver »Brennweite« sind also keineswegs identisch, ebenso wenig wie »Linse mit negativer Brennweite« und »Concavlinse«.

Ein ähnliches Verhältnifs sahen wir oben bei den Bedingungen für die Natur von e. Die angeführten Bedingungen aber für $+e$ sowohl wie die für $-e$ können jede einem $+f$ sowohl als einem $-f$ genügen. Anderseits könnte einem $+f$ bei Radien mit ungleichen Zeichen wie einem $-f$ bei Radien mit gleichen Zeichen je $+e$ oder $-e$ entsprechen, während allerdings einem $+f$ bei Radien mit gleichen Zeichen, wie einem $-f$ bei Radien mit ungleichen Zeichen je nur $+e$ entspricht. In Wirklichkeit aber wird bei $+f$ für Radien mit ungleichen Zeichen nur die Bedingung Δ negativ, nie aber Δ positiv und $< \nu d$ erfüllt; auch da also entspricht dem $+f$ nur $+e$. Wir können somit sagen: Jedem Zeichen von e kann sowohl $+f$ als $-f$ entsprechen; einem gegebenen Zeichen von f dagegen entspricht meist nur ein Zeichen von e, ausgenommen den Fall, wo f negativ ist bei Radien gleichen Vorzeichens, wo also dem $-f$ sowohl $+e$ als $-e$ entsprechen kann.

Die biconvexen Linsen mit der Eigenschaft Δ negativ haben immer nur ein positives e und ein positives f. Die concavconvexen Linsen haben, wenn Δ, das hier immer positiv ist, $> \nu d$, f positiv und e positiv; wenn dagegen

$\Delta < \nu d$, f negativ und e negativ. Die Biconcavlinsen, die alle Δ positiv und gröfser als νd besitzen, haben alle f negativ, e positiv. Für die convexconcaven Linsen endlich, wo Δ immer negativ ist, ist immer e positiv, f negativ.

Die zuletzt genannten Verhältnisse leiten uns nun — denn sie stehen, wie sich unten sofort ergeben wird, in innigster Beziehung dazu — über zu einer nähern Analyse der Begriffe Collectivlinse und Dispansivlinse.

Collective Brechung können wir überall dann annehmen, so oft das mit dem Objecte gleichnamige Bild hinter dem Objecte, das ungleichnamige dagegen vor ihm liegt; dispansive Brechung je im entgegengesetzten Falle. Es fragt sich nun, wenn für einen Objectpunkt die Strahlen als in der einen Weise gebrochen zu bezeichnen sind, müssen sie dann auch für alle andern Objectpunkte als in derselben Weise gebrochen bezeichnet werden?

Es mufs, vorausgesetzt, dafs weder Object noch Bild seine Natur ändere, diese Frage offenbar entschieden seyn, wenn man weifs, ob bei der ganzen Reihe der Objectpunkte von $+\infty$ bis $-\infty$ es vielleicht einen oder mehrere Punkte giebt, wo das Bild durch das Object hindurchgeht; denn alsdann liegt es ja für gewisse Objectpunkte auf der entgegengesetzten Seite vom Objecte wie gewöhnlich, die Brechung ist die entgegengesetzte geworden; welche dann eben colletive oder dispansive Brechung zu nennen ist, das wird bestimmt durch die soeben gegebenen Definitionen letzterer.

Unsere zu suchenden Punkte können wir, um sie der numerischen Bestimmung näher zu bringen, in etwas anderer Fassung auch als die Punkte bezeichnen, wo Bild und Object zusammenfallen, dann aber wäre es immer noch denkbar, dafs auch für einen Objectpunkt jenseits des fraglichen Punktes die relativen Lagenverhältnisse zwischen ihm und dem Bild wieder ganz die nämlichen wären wie für einen Objectpunkt diesseits unseres Punktes. Es würde alsdann in letzterem das Bild, das Object einholend, letzteres gleichsam nur berühren, ohne durch dasselbe hin-

durchzugehen. Wenn also bei einer Linse sich überhaupt solche Punkte, wo Bild und Object zusammenfallen, wir wollen sie kürzehalber im Folgenden Indifferenzpunkte [1]) nennen, finden, so bleibt zur Beantwortung unserer oben angestellten Frage, immer noch zu untersuchen, ob in denselben das Bild wirklich durch das Object hindurchgeht, oder ob vielleicht das andere eben angedeutete Verhältnifs stattfindet.

Die Entscheidung aber, ob es überhaupt solche Indifferenzpunkte giebt, und, wenn sich solche finden, ihre räumliche Bestimmung mufs offenbar durch unsere Grundgleichung (I) möglich seyn. Bezeichnet x diejenige Objectdistanz, für welche Bild und Object in einem Punkte zusammenfallen, dann mufs ja offenbar die Gleichung gelten:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{-(x+e)} = \frac{1}{f}.$$

Hieraus ergiebt sich nun sofort:

a) für Linsen mit $+f$, für welche wir oben e immer positiv fanden,

$$x = -\frac{e}{2} \pm \sqrt{\frac{e^2}{4} + ef} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

b) für Linsen mit $-f$ und zwar

α) für solche mit $+e$ (Concavlinsen)

$$x = -\frac{e}{2} \pm \sqrt{\frac{e^2}{4} - ef} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

β) für solche mit $-e$ (Convexlinsen mit negativer Brennweite)

$$x = +\frac{e}{2} \pm \sqrt{\frac{e^2}{4} + ef} \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Je nachdem nun die aus diesen Formeln für x sich berechnenden Werthe reell oder imaginär sind, werden wir Indifferenzpunkte anzunehmen haben oder nicht.

Die Gleichungen (5) und (7) zunächst liefern entschieden reelle Werthe. Gleichung (6) dagegen giebt je nachdem $\frac{e}{4} \gtrless f$ imaginäre oder reelle Werthe. Da aber über

1) Prof. Fick war, so viel mir bekannt ist, der erste, welcher diese Punkte fand, ihre Bedeutung entwickelte und ihre Lage principiell bestimmte, allerdings ohne sie zu benennen oder nähere Formeln zu ihrer Bestimmung anzuführen. Vergl. seine »Anatomie. u. Physiologie der Sinnesorgane. Jahr 1864« S. 204.

die Dicke der Linse, von welcher ja diese Gröfsen e und f mit abhängen, sich im Allgemeinen nichts Numerisches angeben läfst, so läfst sich auch über das Vorkommen reeller oder imaginärer Wurzeln in (6) nichts Specielleres bestimmen. Das nur dürfte sicher seyn, dafs, wenn die Linsendicke, wie es ja der Begriff Linse eigentlich einschliefst, sehr gering genommen wird, dafs dann jene Wurzeln stets imaginär werden, während sie anderseits bei grofsem Abstande der Scheitel der Trennungsflächen sehr wohl reelle Werthe annehmen können. Hier halten wir uns zunächst nur an den ersten dieser Fälle.

Wir können also sagen: die Convexlinsen besitzen Indifferenzpunkte; die Concavlinsen besitzen keine solche.

Was die gefundenen Punkte selbst betrifft, so zeigen die Formeln zunächst, dafs, wo überhaupt sie vorkommen, sie immer zu zwei auftreten. Dann ergiebt sich sofort, dafs die beiden numerischen Werthe des x, die Abstände der Indifferenzpunkte vom ersten Hauptpunkte, um e, den Abstand beider Hauptpunkte differiren, d. h. der erste Indifferenzpunkt liegt ebenso viel vor dem ersten Hauptpunkte, wie der zweite Indifferenzpunkt hinter dem zweiten Hauptpunkt.

Diese Entfernung ist

$$t = \mp\frac{e}{2} + \sqrt{\frac{e^2}{4} + ef}$$

und der Abstand beider Indifferenzpunkte

$$\tau = 2\sqrt{\frac{e^2}{4} + ef}.$$

Nun bleibt aber noch zu untersuchen, ob in den gefundenen Indifferenzpunkten wirklich das Bild durch das Object hindurchgeht, d. h. diesseits und jenseits derselben relativ verschieden zum Object liegt, oder ob Bild und Object zu beiden Seiten der Indifferenzpunkte dieselbe relative Lage haben.

Bei den Convexlinsen mit positiver Brennweite zunächst sind für die beiden Indifferenzpunkte folgende die conjugirten Vereinigungsweiten:

$p = t$ $\quad p^* = -(t+e)$ für den ersten T

$p = -(t+e)$ $\quad p^* = +t$ für den zweiten T^*

Es gehören aber bekanntlich auch zusammen:

$p = f$ $\quad p^* = \pm\infty$ für den ersten Brennpunkt F

$p = \pm\infty$ $\quad p^* = +f$ für den zweiten Brennpunkt F^*

sowie

$p = 0$ $\quad p^* = 0$ für die Hauptpunkte.

Während also das Object den Weg von F bis T macht, durchläuft das Bild den Weg ∞ bis T; gleichzeitig durchlaufen also das Object die Strecke $f - t = \vartheta$, das Bild einen unendlichen Weg; dabei liegt letzteres immer vor dem erstern. Während aber das Object den Weg T bis $E = t$ macht, rückt das Bild von T bis E^*, also um $t+e$, weiter. Während daher für Objectpunkte vor T stets v. n. $p^* > p+e$, d. h. das (virtuelle) Bild vor dem (reellen) Object lag, muſs jetzt, sobald $p < t$, nothwendig v. n. $p^* < p+e$, d. h. das Bild jedes Objectes mit dem Abstand $p \begin{smallmatrix} < t \\ > 0 \end{smallmatrix}$ liegt *hinter* dem Object. Anderseits machen gleichzeitig das Object den Weg ∞, das Bild den Weg ϑ, wobei stets $p^* <$ v. n. $p-e$, das (reelle) Bild also vor dem (virtuellen) Object liegt, und während endlich das Object die Strecke T^* bis E, also $(t+e)$, durchläuft, rückt das Bild von T^* bis E^*, also um t vor. In letzterem Fall muſs daher stets $p^* >$ v. n. $p-e$, d. h. das Bild liegt wieder hinter dem Object, sobald dessen Abstand $p \begin{smallmatrix} < 0 \\ > -t \end{smallmatrix}$.

Bei den Convexlinsen mit negativer Brennweite hat man entsprechend die conjugirten Vereinigungsweiten:

$p = t+e$ $\quad p^* = -t$

$p = -t$ $\quad p^* = +t+e$

sowie

$p = \infty$ $\quad p^* = -f$

$p = -f$ $\quad p^* = \infty$

und

$p = 0$ $\quad p^* = 0$

Hier also durchläuft das (reelle) Object einen unendlichen Weg, wenn das (virtuelle) Bild den Weg δ macht, dabei liegt letzteres hinter ersterem; und während das Object den Weg $t+e$ macht, rückt das Bild blos um t vor. Sobald daher $p<t+e$ wird $p<$ v. n. p^*+e d. h. das Bild jedes Objects mit dem Abstand $p \underset{>0}{<} t+e$ liegt vor dem Object. Wenn dagegen das (virtuelle) Object den Weg δ macht, rückt das (reelle) Bild aus unendlicher Ferne nach T^*; während aber das Object von T^* bis E geht, rückt das Bild von T^* nach E^*, also um e weiter, vor. Wird also v. n. $p<t$, so muſs v. n. $p>p^*+e$, d. h. das Bild liegt vor dem Object.

Hieraus ergiebt sich, daſs die Indifferenzpunkte T und T^* wirklich Punkte sind, zu deren beiden Seiten die relative Lage von Object und Bild die entgegengesetzte ist. Daſs aber deswegen auch die Brechung der Lichtstrahlen zu ihren beiden Seiten als verschieden zu bezeichnen wäre, dürfen wir noch keineswegs schlieſsen, denn das hängt noch mit ab von dem weitern Umstande, ob bei gegebener Natur des Abstandes (z. B. positiver) die Natur des Objectes oder Bildes dieselbe bleibt oder wechselt, wenn der Abstand alle möglichen (hier also alle positiven) Werthe durchläuft, ob also die Natur des Objectes oder Bildes in eben dem Momente wechselt, wo die Natur des Abstandes die entgegengesetzte wird, oder nicht. Ob ein Object oder Bild aber einen positiven oder negativen Abstand habe, hängt ab von seiner Lage zum ersten (resp. zum zweiten) Hauptpunkte; ob es ein reelles oder ein virtuelles sey, hängt dagegen ab von seiner Lage zu den Linsenscheiteln. Die Lagenverhältnisse von Hauptpunkten und Linsenscheiteln entscheiden also in der obigen Frage.

Nun sahen wir oben, daſs im Allgemeinen Hauptpunkte und Linsenscheitel nicht zusammenfallen: s_1 und s_2 haben im Allgemeinen bestimmte reelle Werthe. In gewissen Fällen kann allerdings s_1 *oder* $s_2=0$ werden, nie aber beide zugleich. Bei positivem s_1 sind aber für positive Ab-

stände reelle Objecte nur möglich von $p = \infty$ bis $p = \varepsilon_1$; alle positiven $p \begin{matrix} < \varepsilon_1 \\ > 0 \end{matrix}$ repräsentiren virtuelle Objecte, während allerdings alle negativen p Abstände virtueller Objecte sind. Bei negativem ε_1 dagegen sind reelle Objecte nicht nur möglich für alle positiven p, sondern auch für $p \begin{matrix} < 0 \\ > -\varepsilon_1 \end{matrix}$ während somit virtuelle Objecte nur durch $p \begin{matrix} < -\varepsilon_1 \\ > -\infty \end{matrix}$ repräsentirt seyn können. Ganz analog für ε_2 und Bild. Bei einer gegebenen Linse kann also schliefslich erst die Kenntnifs der relativen Lage von Hauptpunkten, Scheiteln, und Indifferenzpunkten den Entscheid ermöglichen, für welche Objectpunkte collective Brechung, für welche dispansive Brechung vorhanden sey. Diese aber ist dann so leicht, dafs es überflüssig wäre, noch eine weitere Discussion darüber zu führen. Es genügt hier, die Bedeutung der Punkte T und T^* klar gemacht zu haben.

Wir gelangten zu ihnen, indem wir ausgingen von einer Definition von collectiver und dispansiver Brechung, die wir als eine bestimmte Beziehung zwischen zwei Factoren darstellten, dem relativen Lagenverhältnifs nämlich von Object und Bild einerseits und dem Verhältnifs zwischen der Natur des Objects und derjenigen des Bildes anderseits. Aendert sich nur der erste Factor bei gleichbleibendem zweiten, so wird die Brechung die entgegengesetzte; das ist dann der Fall, wenn $t > \varepsilon_1$ und $-t < -\varepsilon_2$ und zwar auf Seite der reellen Objectpunkte für Objectpunkte zwischen dem ersten Indifferenzpunkt und ersten Linsenscheitel, auf Seite der reellen Bilder, für Objectpunkte, deren Bilder zwischen dem zweiten Indifferenzpunkt und zweiten Linsenscheitel liegen. Aendert sich nur der zweite Factor, indem bei gleichbleibender Natur des Bildes diejenige des Objects wechselt, oder umgekehrt, so haben wir wieder entgegengesetzte Brechung, ein Fall, der dann eintritt, wenn $t < \varepsilon_1$ und $-t > -\varepsilon_2$ und zwar wieder für Objecte, welche (resp. deren Bilder) zwischen Indifferenzpunkten und Linsenscheiteln liegen, sowie in allen Fällen

wo Indifferenzpunkte nicht vorkommen, für Objecte, welche (resp. deren Bilder) zwischen Linsenscheiteln und Hauptpunkten liegen. Aendern endlich beide Factoren zugleich ihre Natur, so bleibt die Brechung dieselbe, was immer gilt für Objectpunkte, die (resp. deren Bilder) gelegen sind in der dem Abstande des Indifferenzpunktes und dem Abstande des entsprechenden Linsenscheitels gemeinsamen Strecke.

Jene Definition von collectiver und dispansiver Brechung könnte aber — und das geschieht in der That sehr häufig — auch bezogen auf die Richtungsverhältnisse von ein- und austretendem Strahl gegeben werden. Nennen wir die Winkel α und α^*, welche ein- und austretender Strahl mit der Axe bilden, positiv, wenn der eintretende Strahl in der Fortpflanzungsrichtung des Lichts und auf derselben Seite der Linsenaxe, auf welcher er im ersten Medium gelegen ist, oder wenn er in der seiner Fortpflanzungsrichtung entgegengesetzten Richtung und auf entgegengesetzter Seite der Linsenaxe die erste Hauptebene schneidet, jedesmal ausgegangen vom Durchschnitt seiner Richtung mit der Axe; wenn ebenso der austretende Strahl, mit dem eintretenden auf derselben Seite der Linsenaxe gelegen, in seiner Fortpflanzungsrichtung, und auf derselben Seite der Axe, auf welcher er im letzten Medium wirklich gelegen ist, oder wenn er, auf derselben Seite der Axe wie der eintretende Strahl gelegen, in der seiner Fortpflanzungsrichtung entgegengesetzten Richtung und auf entgegengesetzter Seite der Axe die zweite Hauptebene schneidet — wieder jedesmal ausgegangen vom Durchschnitt der Richtung des Strahls mit der Axe; — nennen wir sie negativ in jedem andern Falle: dann können wir als collectiv gebrochen einen Strahl auch bezeichnen, wenn $\alpha - \alpha^*$ positiv, als dispansiv gebrochen, wenn diese Differenz negativ.

Nun fragen wir uns auch hier, giebt es vielleicht eine Objectdistanz, für welche diese Differenz $= 0$ wird, so dafs also ein- und austretender Strahl parallel sind? nimmt dann vielleicht jenseits dieses Punktes jene Differenz ent-

gegengesetztes Zeichen an, oder ändert sie möglicherweise ihre Natur nicht? Im ersten Fall müfsten wir offenbar auch die Brechung als die entgegengesetzte bezeichnen.

Wir gehen aus von der bekannten Gleichung

$$p \operatorname{tg} \alpha = -p^* \operatorname{tg} \alpha^* \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{(II)}.$$

Soll hierin $\alpha = \alpha^*$ werden, so mufs allgemein $p = -p^*$. Hieraus sehen wir aber, ohne vorerst auf nähere Bestimmung dieser Bedingung einzugehen, dafs für unsere oben bestimmten Indifferenzpunkte diese Bedingung jedenfalls noch nicht erfüllt seyn kann, denn hier ist ja $p \operatorname{tg} \alpha = (p^* \pm e) \operatorname{tg} \alpha^*$, also jedenfalls $\alpha \gtrless \alpha^*$, d. h. giebt es überhaupt zwei conjugirte Vereinigungspunkte, für welche ein- und austretender Strahl parallel sind, so müssen diese jedenfalls innerhalb der beiden Indifferenzpunkte liegen. Daraus folgt aber keineswegs, dafs die Concavlinsen, die keine Indifferenzpunkte haben, deswegen auch keine solchen neuen Punkte besäfsen. Das aber ist klar, dafs unsere zweite Definition nicht ganz identisch ist mit der oben gegebenen ersten; Strahlen, die wir nach dieser als dispansiv gebrochen bezeichnen, müssen wir möglicherweise nach jener noch collectiv gebrochen nennen, und umgekehrt.

Der specielle Werth, für welchen $p = -p^*$, ergiebt sich unmittelbar aus Gleichung (I), und zwar $p = 0$, d. h. bei der Linse können weder für Objecte mit positivem noch für solche mit negativem Abstande ein- und austretender Strahl je parallel werden, eben weil die Möglichkeit eines Parallelwerdens gerade in der Gränze zwischen beiden, bei $p = 0$, liegt.

Dieser Satz ist unzweifelhaft richtig; allein zu weitern Folgerungen können wir ihn hier direct nicht verwenden, namentlich nicht zu dem Schlusse, dafs deswegen die Differenz $\alpha - \alpha^*$ weder für positive noch für negative p ihr Vorzeichen wechseln könne; denn die Gleichung, aus welcher wir ihn gewannen, enthält Gröfsen, die zwar numerisch, nicht aber im Zeichen vollkommen identisch sind mit den Gröfsen α und α^* unserer Differenz. Gleichung (II)

gilt nämlich für alle Fälle, wo die Winkel α und α^* positiv gerechnet werden, wenn die Richtung des ein- resp. austretenden Strahls, ausgegangen von ihrem Durchschnitt mit der Axe, die erste, resp. die zweite Hauptebene in Richtung der Fortpflanzung des Lichtes schneidet. Auf welcher Seite der Linsenaxe dieſs geschehe, ist hier von keiner Bedeutung, während gerade dieſs für die Differenz mit ein entscheidender Punkt ist. Es ist also ganz leicht möglich, daſs in Gleichung (II) ein Winkel positiv einzuführen ist, welcher in der Differenz $\alpha - \alpha^*$ negativ auftritt, oder umgekehrt. Dieſs ist aber in der That der Fall, weil das Vorzeichen der Winkel α und α^* in Gleichung (II) genau dem Vorzeichen der Abstände p und p^*, in der Differenz genau der Natur von Object oder Bild parallel geht, die Natur der Abstände p und p^* aber, wie wir schon früher sahen, im Allgemeinen nicht gleichzeitig mit der Natur von Object und Bild wechselt. In allen Fällen, wo positive p Abstände virtueller Objecte mit convergent einfallenden Strahlen bezeichnen, schneiden diese Strahlen ja immer noch in ihrer Fortpflanzungsrichtung die erste Hauptebene, aber nicht mehr auf derselben Seite der Axe, auf welcher sie im ersten Mittel gelegen sind, sind also die Winkel α für Gleichung (II) positiv, für die Differenz negativ. In allen Fällen, wo negative p Abstände reeller Objecte mit divergent einfallenden Strahlen bezeichnen, schneiden die Richtungen dieser Strahlen, ausgegangen von ihrem Durchschnitt mit der Axe, die erste Hauptebene in der ihrer Fortpflanzungsrichtung entgegengesetzten Richtung, aber wieder auf entgegengesetzter Seite von der Axe, so daſs jetzt α für Gleichung (II) negativ, für die Differenz positiv wird. Ganz analog verhält es sich endlich mit den Winkeln α^*. Träfe es sich aber jetzt, daſs α und α^* zugleich in Gleichung (II) das entgegengesetzte Vorzeichen hätten wie in der Differenz, lieſse sich dann nachweisen, daſs allgemein für Gleichung (II) $\alpha - \alpha^*$ z. B. positiv, so müſste offenbar für die Differenz in allen Fällen,

wo die Zeichen ihrer Winkel identisch sind mit denen der Winkel in (II), $\alpha - \alpha^*$ ebenfalls positiv, in allen Fallen dagegen, wo jene Vorzeichen die entgegengesetzten, $\alpha - \alpha^*$ negativ seyn, d. h. die Differenz und mit ihr die Brechung hätten ihre Natur geändert. Das findet aber in Wirklichkeit statt, wie eine specielle Betrachtung sofort ergiebt.

Für die biconvexen Linsen fanden wir oben die Abstände der Hauptpunkte von den Linsenscheiteln s_1 und s_2 beide positiv. Für conjugirte Vereinigungspunkte jenseits dieser Hauptpunkte nimmt Gleichung (II) die specielle Form $-p\,\mathrm{tg}(-\alpha) = -p^*\,\mathrm{tg}(-\alpha^*)$ an. Hier ist aber, wie sich aus der Function, welche die gegenseitige Abhängigkeit von p und p^* darstellt, leicht erweisen läfst, p^* numerisch stets kleiner als p, also $-p < -p^*$ und somit $\alpha^* - \alpha$ positiv. α und α^* sind aber, wie sich aus oben Angeführtem unmittelbar ergiebt, auch für die Differenz stets negativ, wie für Gleichung (II); $\alpha^* - \alpha =$ positiv stellt also den richtigen Ausdruck für die Brechung dar, d. h. diese ist eine collective. Für Objectpunkte diesseits des ersten Hauptpunktes, von letzterm bis zum ersten Brennpunkte, ist immer $p\,\mathrm{tg}\,\alpha = p^*\,\mathrm{tg}\,\alpha^*$; hier ist aber p stets kleiner als p^*, beide numerisch genommen, also $\alpha - \alpha^*$ positiv. Zum Entscheide aber, ob collective oder dispansive Brechung, dient für alle reellen Objecte die Differenz $\alpha - \alpha^*$, für alle virtuellen mit positivem p, $\alpha^* - \alpha$; im erstern Fall haben wir also ein positives, im letztern ein negatives Zahlenergebnifs, d. h. während für alle reellen Objecte (wie für alle virtuellen mit negativem Abstande) die biconvexe Linse collective Brechung besitzt, ist für die virtuellen Objecte mit positivem p, also für alle Objectpunkte zwischen erstem Linsenscheitel und erstem Hauptpunkt dispansive Brechung anzunehmen.

Ganz analog verhält es sich bei den planconvexen Linsen, wenn nämlich diese ihre gewölbte Fläche den einfallenden Strahlen zukehren, während dagegen, wenn sie die ebene Fläche jenen einfallenden Strahlen zuwenden, Fälle

dispansiver Brechung nicht vorkommen können, indem ja alsdann $\varepsilon_1 = 0$ wird.

Ganz die nämlichen Verhältnisse endlich bieten die concavconvexen Linsen mit positiver Brennweite, wenn ihre weniger stark gewölbte Fläche den einfallenden Strahlen zugekehrt ist; denn dann ist, wie sich aus Früherm leicht ergiebt, ε_1 positiv, ε_2 negativ. Treffen dagegen die einfallenden Strahlen die Fläche mit dem kleinern Radius, so wird ε_1 negativ, ε_2 positiv, und hier können auch negative p Abstände reeller Objecte seyn. Für alle reellen Objecte entscheidet aber, ob ihre Strahlen collectiv oder dispansiv gebrochen werden, die Differenz $\alpha - \alpha^*$, für alle virtuellen Objecte $\alpha^* - \alpha$. Für alle positiven p ergiebt sich aber aus (II) $\alpha - \alpha^*$ positiv, für alle negativen p $\alpha^* - \alpha$ positiv (also $\alpha - \alpha^*$ negativ). Also ist für alle reellen Objectpunkte mit negativem p, also für alle zwischen dem ersten Hauptpunkt und ersten Linsenscheitel gelegenen, dispansive Brechung vorhanden, während für alle andern Objectpunkte die Brechung eine collective ist.

In ähnlicher Weise könnten wir diese Beziehungen auch bei den Linsen mit negativer Brennweite verfolgen und wir würden zu dem analogen Resultate gelangen, dafs hier für alle Objectpunkte zwischen erstem Linsenscheitel und erstem Hauptpunkt collective Brechung vorhanden ist.

Mit diesen Verhältnissen stehen in engstem Zusammenhang die Beziehungen zwischen Gröfse β des Objectes und Gröfse β^* des Bildes. Diese finden bekanntlich ihren Ausdruck in der Formel:

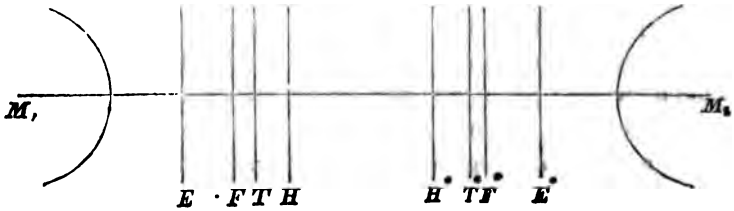
$$\frac{\beta^*}{\beta} = \frac{f}{f-p} = \frac{f-p^*}{f} \quad \ldots \quad \text{(III)}.$$

Sey nun zunächst f positiv, ε_1 negativ, so werden offenbar nur diejenigen der näher der Linse zu als der erste Brennpunkt gelegenen Objecte vergröfserte virtuelle Bilder erzeugen, welche noch vor dem ersten Hauptpunkte gelegen sind; alle die zwischen dem ersten Hauptpunkte und der Linse befindlichen reellen Objecte erzeugen nothwendig

verkleinerte virtuelle Bilder, da ja für sie p negativ wird. Umgekehrt müfsten bei positivem s_1 den zwischen erstem Linsenscheitel und erstem Hauptpunkt gelegenen virtuellen Objecten vergröfserte (bald reelle, bald virtuelle) Bilder entsprechen. Die umgekehrten Verhältnisse gelten natürlich bei negativem f.

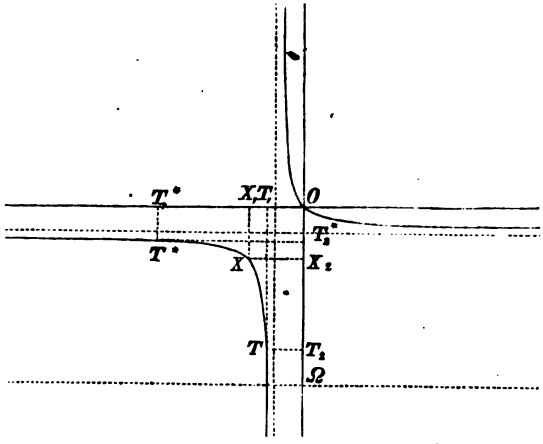
Aus dem Angeführten geht deutlich hervor, dafs die einzige wissenschaftlich verwerthbare Eintheilung der Linsen diejenige in »Linsen mit positiver und Linsen mit negativer Brennweite« ist. Noch klarer wird diefs, wenn man die Entfernung der beiden sphärischen Flächen zwischen gröfsern Werthen variiren läfst, als man gewöhnlich in den Begriff Linse einzuschliefsen pflegt.

In diesem Falle kann für die biconvexe Linse ganz leicht Δ positiv und $> \nu d$ werden. Dann aber wird die Brennweite f negativ, und zu Bestimmung allfälliger Indifferenzpunkte dient jetzt Gleichung (6). Ist dabei noch die fernere Bedingung $f < \frac{e}{4}$ erfüllt, so werden die Wurzeln jener Gleichung reell, d. h. sind Indifferenzpunkte wirklich vorhanden. Reelle Wurzeln aber mufs jene Gleichung, wie wir schon oben sahen, auch annehmen für biconcave Linsen; insofern nur wieder v. n. $f < \frac{e}{4}$. Letztere Bedingung wird aber ganz leicht erfüllt, durch die Wahl der (jetzt beliebigen) Entfernung der beiden sphärischen Flächen, so dafs also hier der eigenthümliche Fall vorliegt, dafs für eine biconvexe und eine biconcave Linse die Brechungsverhältnisse nahezu dieselben sind. Die letztere charakterisirenden Punkte haben für eine solche biconcave Linse z. B. die neben gezeichnete Lage: E und E^*



sind die beiden Hauptpunkte, F und F^* die Brennpunkte, T und T^* die Indifferenzpunkte.

Die conjugirten Vereinigungsweiten endlich sind etwas reducirt als Abscissen x und Ordinaten y in folgender Figur dargestellt, und zwar sind die positiven und negativen



Abstände p des Objects vom I. Hauptpunkte nach rechts und links von O aufgetragen, die positiven und negativen Abstände p^* des Bildes vom II. Hauptpunkte nach oben und unten von O. Würden die Entfernungen der Bilder ebenfalls auf den ersten Hauptpunkt bezogen, so müfsten sie natürlich als Ordinaten von Ω aus aufgetragen werden, wobei $O\Omega = e$. Die Indifferenzpunkte wären dann dadurch charakterisirt, dafs für $T : T_1 O = T_2 \Omega$ und für $T^* : T^*_1 O = T^*_2 \Omega$.

Aendert sich nun die Objectdistanz von OT_1 zu OX_1, so ändert sich die Bilddistanz von OT_2 zu OX_2 und wird, da X im Scheitel der Hyperbel angenommen seyn soll, der Objectdistanz gleich; ändert sich weiter die Objectdistanz von OX_1 zu OT^*_1, so ändert sich die Bilddistanz von OX_2 zu OT^*_2, d. h. rückt das Object von T aus, wo es mit dem Bild zusammenfällt, weiter um die Strecke $T_1 X_1$ so macht das Bild den Weg $T_2 X_2$; rückt das Object dann um $X_1 T^*_1$ weiter, so durchläuft das Bild die Strecke $X_2 T^*_2$, um bei T^* wieder mit dem Object zusammenzufallen. X aber

bestimmt sich, wie leicht ersichtlich, durch $x_1 = y_1 = 2f$, wenn x_1, y_1 seine Coordinaten bezeichnen; durch Eintragen dieser Gröfsen OX_1 und OX_2 in Fig. 1 wurden aber die Punkte H und H^* derselben gewonnen. Wird jetzt die eben entwickelte Bedeutung der letzteren zusammengehalten mit der bisher gewonnenen von T und T^*, so ergiebt sich, dafs auch hier T und T^* wirklich Punkte sind, wo das Bild durch das Object hindurchgeht.

P. S. Mehrere Wochen nachdem ich diese Arbeit, in der Form wie sie hier vorliegt, niedergeschrieben hatte, las ich in dem »Bericht über die 40. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Hannover«, dessen gefällige Mittheilung ich der Güte des Hrn. Prof. Fick verdanke, dafs bereits Listing daselbst Mittheilungen gemacht hatte »über einige merkwürdige Punkte in Linsen und Linsensystemen«. Sie werden von ihm Symptosen genannt und sind identisch mit den oben angeführten Indifferenzpunkten[2]).

VI. *Die Darstellung des elektrischen Funkens in Glas mit besonderer Berücksichtigung der Elektrisirmaschine; von W. Holtz.*

Ich wies vor längerer Zeit darauf hin, dafs sich der elektrische Funke in Glas viel sicherer mit der Elektrisirmaschine darstellen lasse, als es bisher mit diesem Apparat gelungen ist, und deutete mit wenigen Worten die Methode an[1]). Da das Phänomen eine allgemeinere Bedeutung hat, insofern es den Act der elektrischen Entladung in einem festen Isolator repräsentirt, und die elektrischen Erscheinungen in solchen Isolatoren überhaupt noch wenig studirt sind, mag es gestattet seyn, jene Methode ausführlicher zu beschreiben.

1) Diese Ann. Bd. 116, S. 507

2) Später erschien L's Abhandlung auch in diesen Ann. Bd. CXXIX, S. 466.

Soll die Spitze eines Leiters eine höhere Dichtigkeit erhalten, so mufs dieselbe möglichst in der Weise isolirt seyn, dafs an ihr weder eine Ausströmung, noch in ihrer Nähe eine elektrische Ansammlung statt haben kann; denn ersteres würde die Dichtigkeit des ganzen Leiters, letzteres speciell diejenige der Spitze vermindern. Diefs ist auch im vorliegenden Falle mehr oder weniger erkannt, denn es sind verschiedene organische Isolatoren in Vorschlag gebracht, um sowohl die Oberfläche des Glases, als die Spitze selbst mit einer isolirenden Hülle zu umgeben; gleichwohl haben sich solche Mittel für den Gebrauch der Elektrisirmaschine als ungenügend erwiesen. Ruhmkorff fand für den Zweck der Isolirung zuerst eine besondere Vorrichtung für nothwendig, während er zum Elektromotor einen seiner grofsen Inductionsapparate benutzte, und er zeigte, dafs sich auf diese Weise Glasstücke von überraschender Dicke durchbrechen liefsen. Dieselbe Vorrichtung, welche im Wesentlichen aus einem weiteren Glascylinder besteht, in dessen Mitte sich eine zugespitzte Drahtstange befindet — während der Zwischenraum mit einer Mischung aus Kolophonium und Wachs gefüllt wird — ist auch unmittelbar für die Elektrisirmaschine verwendbar, und man kann damit ziemlich lange Funken erhalten. Indessen ist der Erfolg unsicher und der hohen intensiven Wirkung dieses Apparates noch nicht entsprechend, und das dürfte sich leicht auf folgende Weise erklären.

Es gelingt nur selten die Verbindung zwischen der Harzmasse und dem Glasstück so herzustellen, dafs sich nicht an einzelnen Stellen noch Luftblasen befänden, selbst wenn man die Vorsicht gebraucht, das Stück schon vorher mit der Mischung zu überziehen und den Cylinder erst über demselben zu füllen. An solchen Stellen und je leichter, je näher sie der Spitze liegen, ist dann immer noch eine elektrische Ansammlung möglich, welche die beabsichtigte Wirkung der Spitze schwächt. Ferner findet schon früher, als das Glasstück überhaupt durchbrochen wird, eine eigenthümliche Entladung an seiner Ober-

fläche statt, indem sich einzelne Funken, welche allmählich immer gröfser werden, von der Spitze ausgehend in die Masse der Mischung verlaufen und hier die Bildung feiner hohler Röhrchen veranlassen, welche ihrerseits wieder eine elektrische Ansammlung gestatten. Jede Elektrisirung halb isolirter Punkte aber erfordert eine gröfsere oder geringere Zeit, und daher spielt in solchen Fällen die Geschwindigkeit, mit welcher der Leiter selbst elektrisirt wird, eine grofse Rolle. Beim Inductionsapparat wird dieser meist schon das Maximum seiner Dichtigkeit erreichen, wenn die Dichtigkeit jener Punkte noch keinen namhaften Werth hat; bei der Elektrisirmaschine dagegen werden dieselben fast gleichzeitig mit der metallischen Fläche geladen werden. Daher wird auch, wenn die Spitze überhaupt sehr wenig isolirt ist, eine dünne Scheibe mit jenem Apparat so leicht, mit der Elektrisirmaschine so schwer durchbrochen, wenn auch die mittlere Dichtigkeit des ganzen Leiters in beiden Fällen dieselbe ist. Denn im ersten Falle ist die Elektrode, wenn jene Dichtigkeit ihr Maximum erreicht, noch eine metallische Spitze, im letzteren kann sie schon eben so gut die elektrische Fläche des Glases seyn.

Die erwähnten Uebelstände sind in der Anwendung der Harzmischung begründet, und ein solcher vermittelnder Isolator ist nicht ganz zu umgehen. Allein es gewährt schon einen wesentlichen Vortheil, wenn man die Masse desselben auf ein Minimum reduciren kann, und das läfst sich mittelst eines sehr einfachen Apparates bewirken.

Dieser Apparat ist ein Glasrohr mit plangeschliffenen Enden, besonders enger Oeffnung und verhältnifsmäfsig grofser Wandstärke, in dessen Mitte sich ein zugespitzter Stahldraht befindet. Die äufsere Glaswand mufs mit einem durchsichtigen Firnifs überzogen, die Drathspitze mufs möglichst scharf und schlank und ihrer Conservirung wegen gehärtet seyn. Die Länge sowohl, wie die Oeffnung des Rohrs ist für alle Fälle dieselbe. Die erstere mag 12″ betragen; die letztere mufs so klein seyn, dafs der ein wenig längere höchstens 1‴ dicke Leiter eben noch mit Leich-

tigkeit darin verschiebbar ist. Die Wandstärke aber richtet sich zum Theil nach der Glasdicke, welche man durchbrechen will; sie darf nämlich nicht kleiner seyn, wie diese, damit die Entladung nicht etwa das Rohr an Stelle des Glasstücks träfe. Denn der gröfsere Weg, welchen der Funke hierbei nehmen müfste, spielt deshalb keine Rolle, weil der Widerstand der Luft zu dem des Glases eine fast verschwindende Gröfse ist. Da sich das Maximum der Glasdicke, welche durchbrochen werden kann, im Uebrigen nach der Wirksamkeit der Elektrisirmaschine richtet, so will ich bemerken, dafs eine Funkenlänge von 3, 6 und 12″ in der Luft ungefähr einer Funkenlänge von $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{3}$ und $1\frac{1}{2}$″ in Glas entspricht. Für die meisten Elektrisirmaschinen würde also schon eine Wandstärke von $\frac{2}{3}$″ genügen; eine geringere als $\frac{1}{3}$″ dürfte überhaupt aus praktischen Rücksichten nicht zu empfehlen seyn. Ein solches Rohr kann übrigens noch verkürzt werden, wenn es im Gebrauch an den Enden eine Beschädigung erleiden sollte, da sich das Ueberschlagen von Funken aus einer metallischen Fläche leicht durch Vergröfserung dieser Fläche vermeiden läfst.

Der hauptsächliche Erfolg des Apparats hängt von der Beschaffenheit derjenigen Fläche ab, welche mit dem Glasstück durch eine dünne Harzschicht verbunden werden soll. Je dünner sich diese Schicht herstellen läfst, um so gröfser ist der Widerstand, welchen sie dem elektrischen Funken bietet, und um so leichter läfst sich in derselben jede Luftblase vermeiden. Darum mufs das Glasrohr an seinem einen Ende in vollkommenster Weise plan seyn, was mit einem solchen, welches von der Glashütte kommt, wie ich erfahren habe, niemals der Fall ist. Ich habe die besten Rohre aus den Glashütten der HH. Warmbrunn und Quilitz in Berlin erhalten, aber gefunden, dafs auch hier noch ein geringes Nachschleifen nothwendig war. Da das genaue Planschleifen einer so kleinen Fläche bei der Länge des Gegenstandes mit Schwierigkeiten verknüpft ist, so will ich bemerken, dafs es überhaupt nur an einer horizontal laufenden Scheibe gelingt, weil man nur bei senkrechter Stel-

lung des Rohres die Kraft hat, dasselbe in unveränderter Lage zu erhalten. Sind kleine Abschleifungen vorzunehmen, so kann man sich mit Vortheil einer ruhenden Spiegelglasscheibe bedienen, indem man das Rohr möglichst tief mit beiden Händen faſst und es langsam im Kreise auf der schleifenden Fläche herumführt. In jedem Falle ist zuvor die Kante ein wenig zu brechen, damit weder bei dem Schleifen noch bei späterem Gebrauche Absplitterungen entstehen.

Um die beiden Glasflächen mit einander zu verbinden, können zwar verschiedene organische Isolatoren benutzt werden, aber je nach ihrem Widerstande mit gröſserem oder geringerem Vortheil. Mit Talg konnten überhaupt nur $\frac{1}{3}$zöllige, mit Olivenöl nur $\frac{1}{4}$zöllige Funken erhalten werden, während bei den besseren Isolatoren die Funkenlänge nur durch die Wirksamkeit der Maschine bedingt wurde. Am besten sind Mischungen aus einem spröden und einem weichen Harze, und besonders möchte ich eine solche aus 1 Theil Schellack und 2 bis 3 Theilen Venetianischen Terpentin empfehlen. Man erhält dieselbe einfach durch Zusammenschmelzen der genannten Theile, doch ist es gut, die Masse nach ihrer Vereinigung, welche unter lebhaftem Aufbrausen zu erfolgen pflegt, noch so lange über gelindem Feuer zu erhalten, bis ein Pröbchen, warm zwischen die Finger gebracht, nicht mehr an denselben haftet. Für den Gebrauch ist es dann bequem dieselbe in Stangen zu formen.

Die Glasstücke sind schon der geraden Fläche wegen aus Spiegelglas zu wählen, aber rohes thut dieselben Dienste wie geschliffenes, da seine eine Seite hinreichend plan ist. Aus solchem Glase lassen sich auch mittelst einiger Kunstgriffe kleinere Stücke bis zu $\frac{1}{4}$" Dicke mit ziemlich geraden Bruchflächen erhalten. Die Hauptsache ist nämlich, daſs der Schnitt stets das gröſsere Stück halbirt und daſs dieses mit gleichmäſsig vertheilter Kraft auf eine feste Spitze gestoſsen wird. Ich habe schon erwähnt, daſs die Dicke eines solchen Stücks die Wandstärke des Rohrs nicht

überschreiten darf; ebenso nothwendig ist es, dafs es die ganze Fläche desselben bedeckt. Es geschieht sonst leicht, dafs der Funke seinen Weg durch die Harzschicht wählt, und diefs ist überhaupt soviel wie möglich zu vermeiden, weil nicht nur in jener, sondern zuweilen auch an der Fläche des Rohrs eine leitende Spur zurückbleibt. Das letztere pflegt besonders einzutreten, wenn die sich entladende Oberfläche eine gröfsere ist, und eine solche Stelle ist dann immer nur durch Abschleifen zu entfernen.

Soll der Versuch angestellt werden, so ist zunächst die eine Fläche des Glasstücks mit einer dünnen Schicht der Masse zu überziehen. Man erwärmt diese Fläche vorsichtig und zwar so lange, bis die letztere, mit ihr in Berührung gebracht, von selber zerfliefst; denn nur so läfst sich ein inniger Anschlufs erzielen. Dasselbe mufs mit der betreffenden Fläche des Glasrohrs geschehen, wenn es nicht schon zu früheren Versuchen gebraucht ist; in diesem Falle braucht man nur den etwa anhaftenden Staub sorgfältig zu entfernen. Das Anwärmen geschieht am einfachsten durch eine auf gewisse Entfernung wirkende Flamme, doch möchte ich hierzu lieber eine Spiritusflamme, als die eines Bunsen'schen Brenners empfehlen, weil ich aus Erfahrung weifs, wie leicht beim Anwärmen von Glas die Hitze einer Gasflamme unterschätzt wird. Sind beide Flächen überzogen, und hat man sich überzeugt, dafs diefs mit vollständiger Entfernung der am Glase klebenden Luft geschehen ist, so müssen dieselben, indem man sie abwechselnd der Wirkung der Flamme aussetzt, noch so lange erwärmt werden, bis die Masse vollkommen flüssig ist. Hierauf werden beide, indem man sie zunächst in zwei Punkten in Berührung bringt, d. h. mit allmählich abnehmender Neigung so fest wie möglich auf einander gepreſst. Ist es gelungen die dünne Schicht frei von jeder Luftblase zu erhalten, so übe man einen leichten Druck auf das hervorragende Ende des Leiters, um seine Spitze in sichere Berührung mit dem Glasstück zu bringen und stelle den Apparat senkrecht zum Erkalten hin. Ein vollständiges Erkalten ist indessen

nicht nothwendig; der Versuch gelingt zuweilen eben so gut, wenn die Masse noch ein wenig flüssig ist; doch wird es im Allgemeinen am besten seyn etwa fünf Minuten zu warten. Wollte man den Apparat längere Zeit z. B. stundenlang stehen lassen, so könnten sich in der Harzschicht leicht feine Risse bilden, welche den Durchbruch des Funkens an dieser Stelle zur Folge hätten.

Schon im Jahre 1791 zeigte Kortum, dafs sich dickere Glasscheiben durch den Funken eines Conductors als durch die Entladung einer Leidener Flasche durchbrechen liefsen, ohne hierfür eine genügende Erklärung zu geben [1]). Wir aber wissen, dafs der elektrische Funke, in welchem Isolator es auch sey, seine Entstehung nicht der Quantität, sondern der Dichtigkeit verdankt, und wir würden die hohe intensive Wirkung einer Elektrisirmaschine in wenig geeigneter Weise verwerthen, wenn wir uns der Vermittlung eines Leiters bedienten, der schlecht isolirt, wie die Belegung einer Flasche, keine höhere Dichtigkeit vertragen kann. Darum mufs das Glasstück direct mit dem Conductor der Maschine in Verbindung treten.

Für die Aufstellung des Apparats ist die horizontale Lage im Allgemeinen vorzuziehen, weil man die Lichterscheinungen so besser beobachten kann. Man steckt den Draht bis an das Rohr in eine seitliche Oeffnung des Conductors, während man jenem durch ein geeignetes Stativ einen zweiten isolirten Stützpunkt giebt (Fig. 1 Taf. II). Der Spitze gegenüber mag als zweite Elektrode eine mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehende Metallkugel befestigt werden, doch kann man hierzu auch den Knöchel eines Fingers, die Fläche der Hand, oder jeden andern mehr oder weniger leitenden Gegenstand benutzen. Fehlt die betreffende Oeffnung im Conductor, oder ist kein passendes Stativ zur Hand, so ist es bequemer dem Apparat eine senkrechte Stellung zu geben, wobei die Unterlage zugleich die Stelle der zweiten Elektrode vertreten

1) Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte von Lichtenberg; Bd. 7 St. 2, S. 8.

kann (Fig. 2 Taf. II). In diesem Falle mufs aber das Drahtende mit einer Kugel bedeckt werden, damit hier keine Ausströmung statt haben kann. Am bequemsten ist es das Rohr mit gleichzeitiger Berührung des Drahtes in die Hand zu nehmen und den Conductor selbst oder die Scheibe der Elektrisirmaschine als zweite Elektrode zu benutzen (Fig. 3); doch kann auf diese Weise das Maximum der Funkenlänge nicht erreicht werden, weil an den Ecken und Kanten des Glasstücks zu grofse elektrische Verluste entstehen. Die Gröfse der zweiten Elektrode ist übrigens am günstigsten, wenn sie die Gränzen der Glasfläche nicht überschreitet, weil der Funke sonst leichter eine seitliche Richtung nimmt. Um so wesentlicher ist es in solchen Fällen, wo eine gröfsere Ausdehnung nicht gut zu vermeiden ist, dafs die Wandstärke des Rohrs die Dicke des Glasstücks übertrifft.

Sobald sich die Maschine in Thätigkeit befindet, wird man in dem Glasstück verschiedene Beobachtungen machen. Ist dasselbe dünn genug um durchbrochen zu werden, so wird diefs schon in den ersten Momenten geschehen, weil durch eine gröfsere Zahl von Umdrehungen die Dichtigkeit nicht wesentlich erhöht werden kann. Die Entladung erfolgt dann ohne Geräusch, besonders wenn sich die zweite Elektrode eng an die Glasfläche schliefst; der Funke erscheint mit ungewöhnlicher Helligkeit, gleichviel ob sich eine kleine oder eine grofse Fläche entladet. Kann das Stück nicht durchbrochen werden, so tritt statt der vollständigen Entladung eine unvollständige zwischen der Spitze und verschiedenen näher gelegenen Punkten des Glases ein, ein Phänomen, welches an den elektrischen Büschel in andern Isolatoren erinnert. Der Versuch darf indessen nicht lange fortgesetzt werden, weil auch bei diesem Apparat ein gleichzeitiges Auftreten solcher Entladung in der Harzschicht nicht ganz zu vermeiden ist. Hier aber nimmt, wie ich schon früher angedeutet, die Erscheinung einen fortschreitenden Charakter an, indem sich die von der Spitze ausgehenden Funken mehr und mehr der Peripherie

des Glasrohrs nähern. Hat ein solcher schon die halbe Wand desselben überschritten, so ist es Zeit den Versuch zu beschliefsen, weil das noch fehlende Ende leicht auf einmal und zum Nachtheil des Apparats durchbrochen werden könnte. Um nun das Glasstück zu entfernen, nimmt man das Rohr in die Hand und führt einen kurzen Schlag in einer mit diesem parallelen Richtung auf eine der hervorragenden Ecken aus. Hierzu ist ein Holzscheit am sichersten, weil man nicht Gefahr läuft das Glas zu beschädigen. Das Stück fällt leicht ab und das Rohr kann sofort von Neuem benutzt werden.

Für diejenigen, welche das Experiment, ohne im Besitz eines solchen Rohrs zu seyn, wiederholen möchten, will ich erwähnen, dafs man sich an Stelle desselben nöthigenfalls eines Glasgefäfses bedienen kann, wenn es die nöthige Höhe und der Boden die entsprechende Dicke hat. Der letztere mufs nämlich plan geschliffen, in der Mitte fein durchbohrt, und der durch diese Oeffnung reichende Leiter im Innern des Gefäfses auf geeignete Weise befestigt werden. Oberhalb des Bodens aber mufs sich je nach seiner Dicke und der Weite des Gefäfses eine gröfsere oder geringere Lage der Harzmasse befinden, damit sich in der Nähe der Spitze keine gröfsere elektrische Fläche bilden kann. Mit einer solchen Vorrichtung lassen sich ganz gute Resultate gewinnen, aber die Behandlung ist mehr oder weniger unbequem. Dahin gehört z. B., dafs der Boden des Gefäfses besonders langsam erwärmt werden mufs.

Um den Funken mittelst der von mir beschriebenen Influenzmaschine zu erhalten, wendet man am Besten einen dritten Conductor an und kann dann die Maschine ganz wie die Elektrisirmaschine gebrauchen [1]). Sonst mufs man den Apparat in eine Nebenschliefsung einschalten, weil die Hauptschliefsung nur auf Augenblicke unterbrochen werden darf. Für eine solche Maschine sind übrigens die oben für die Elektrisirmaschine aufgestellten Zahlen nicht

1) Diese Annalen Bd. 127, S. 323.

mehr gültig; bei gleicher Schlagweite in der Luft wird vielmehr ihre Schlagweite in Glas im Allgemeinen eine geringere seyn. Um den Inductionsapparat für den vorliegenden Zweck zu verwenden, bedient man sich am sichersten nur einer einfachen Entladung, indem man die Oeffnung des Hauptstroms mit der Hand bewirkt. Bei einer gröfseren Anzahl von Entladungen könnte, wenn das Glasstück nicht durchbrochen wird, leicht eine Durchbrechung der Harzschicht erfolgen. In beiden Fällen mufs übrigens die zweite Elektrode, was bei der Elektrisirmaschine nicht nöthig war, eine Metallfläche seyn und ebenso auch in metallischer Verbindung mit dem betreffenden Pol des Elektromors stehen. Andererseits braucht wegen der gröfseren quantitativen Leistung ein elektrischer Verlust nicht so sorgfältig vermieden zu werden.

Ich will zum Schlufs noch bemerken, dafs das, was über die Darstellung des elektrischen Funkens in Glas gesagt ist, mehr oder weniger auch auf andere feste Substanzen übertragen werden kann. Sind es gute Isolatoren, so kann genau wie im vorliegenden Falle verfahren werden; sind es Halbleiter, und stellt man den Versuch mit der Elektrisirmaschine an, so mufs, wie bei der Funkentladung in leitenden Flüssigkeiten, an Stelle der directen Verbindung mit dem Conductor die Einschaltung einer Luftstrecke treten, damit der letztere überhaupt geladen wird. In jedem Falle mufs der betreffenden Substanz zuvor eine gerade Fläche gegeben werden.

VII. *Ueber die höhere Ladung isolirender Flächen durch Seitenanziehung und die Uebertragung dieses Princips auf die Construction von Influenzmaschinen; von W. Holtz.*

Um zwischen einem Leiter und einer isolirenden Fläche die elektrische Ausgleichung möglichst zu erleichtern, mufs jener bekanntlich mit einer besondern Vorrichtung versehen seyn. Man pflegt sich hierzu im Allgemeinen einer cylindrischen, mit Spitzen besetzten Stange zu bedienen; allein bei verschiedener Dicke derselben und verschiedener Länge der Spitzen kann der Erfolg ein sehr verschiedener seyn. Ich habe gefunden, dafs mit einer Stange, welche nicht dicker als $\frac{1}{2}''$ und welche mit Spitzen besetzt ist, die bei gegenseitiger Entfernung von $\frac{1}{4}''$ nicht länger als $\frac{1}{8}''$ und zugleich möglichst scharf und schlank sind, dem gedachten Zweck fast immer vollständig entsprochen wird, wenn auch Fläche und Leiter einander nicht berühren und sich die erste mit grofser Schnelligkeit bewegt. Eine solche Vorrichtung mag daher auch im Folgenden beim Laden und Entladen isolirender Flächen vorausgesetzt seyn; bei einer andern wird leicht der Widerstand, welchen die Luft der elektrischen Ausgleichung bietet, zu grofs.

Lassen wir eine Spitzenreihe von der angegebenen Beschaffenheit über die vorher elektrisirte Fläche eines Isolators gleiten, so sollte man annehmen, dafs nach dem Verschwinden der mitgetheilten Elektricität die Fläche wieder im natürlichen Zustande erschiene. Dieser Fall kann eintreten, wenn der Isolator nur schwach erregt war. Bei stärkerer Erregung aber wird sich auf der abgeleiteten Fläche gewöhnlich die Elektricität entgegengesetzten Vorzeichens finden, was sich leicht durch Annäherung an ein geladenes Elektroskop beweisen läfst. Man könnte geneigt seyn, diefs bei dünnen Platten auf die Mitwirkung der zweiten Fläche zuschieben, wo sich durch theilweise Zer-

streuung der gleichnamigen Elektricität allerdings ein Ueberschufs der ungleichnamigen in gebundenem Zustande erzeugen und nach Ableitung der ersten Fläche frei werden müfste. Dann dürfte aber der elektrische Zustand durch wiederholte Ableitung derselben Fläche nicht vermindert werden, während er in Wirklichkeit fast vollständig schon bei der zweiten Berührung verschwindet. Der Grund liegt vielmehr in dem Umstande, dafs der Leiter gleichzeitig der Anziehung vieler Punkte ausgesetzt ist, ohne dafs doch gleichzeitig nach allen diesen Punkten eine Ausgleichung statt haben könnte. Denn nicht nur die gegenüberliegenden, sondern auch alle im Sinne der Bewegung vorangehenden Punkte ziehen die ungleichnamige Elektricität nach den Spitzen hin, so dafs hier fortwährend eine höhere Dichtigkeit als an den einzelnen Punkten des Isolators herrscht. Dieſs wird besonders dadurch bewiesen, dafs man den Isolator überhaupt nicht zu elektrisiren braucht, wenn man nur der Spitzenreihe, wenn sie über die Fläche gleitet, einen andern elektrischen Gegenstand vorangehen läfst. Auch jetzt wird der Isolator ein diesem Gegenstande entgegengesetzt elektrisches Verhalten zeigen, ohne dafs sich der elektrische Zustand des letztern im Wesentlichen verändert hätte. Aus dieser Fernwirkung folgt, dafs der Ueberschufs der Influenzelektricität um so gröfser werden mufs, je gröfser die ursprüngliche elektrische Erregung war. Andererseits ist klar, dafs, wenn die letztere sehr schwach ist, der Fall eintreten kann, wo die mitgetheilte Elektricität überhaupt nicht vollständig neutralisirt wird, weil bei den schärfsten Spitzen immer noch ein gewisser Uebergangswiderstand zu überwinden ist. Daher wird man auch bei stärkerer Erregung, wenn man sich zur Ableitung stumpfer Spitzen oder eines Drahtes bedient, auf der Fläche gewöhnlich die mitgetheilte und nicht die Influenzelektricität vorfinden. Endlich ist klar, dafs die letztere überhaupt nach dem Rande der Platte zu abnehmen, und durch wiederholte Ableitung verschwinden mufs.

Man stellt diese Versuche am Besten mit einer längern

Platte aus Kammmasse oder auch mit einer Glasplatte, welche mit Firniſs überzogen ist, an; doch läſst sich das allgemeine Resultat auch leicht an der Elektrisirmaschine zeigen. Der Conductor wird freilich nicht immer mit der nöthigen Spitzenvorrichtung versehen seyn; dann muſs man eine solche hinter demselben in einiger Entfernung befestigen. Die Scheibe wird an diese ihre ganze positive Elektricität abgeben, und sich gleichzeitig mit negativer Elektricität versehen. Sehr bequem läſst sich der Versuch auch mit einer Influenzmaschine anstellen, wenn man die feste Scheibe entfernt und zwei auf einander folgende Conductoren mit dem Erdboden verbindet. Hält man dem ersten eine negative Fläche gegenüber, so wird die Scheibe mit positiver Elektricität an den zweiten treten, von diesem aber mit negativer Elektricität geladen weiter gehen, welche man an einem dritten Conductor auffangen kann.

Ich habe bisher nur den Fall betrachtet, wenn die elektrisirte Fläche zugleich die abgeleitete ist. Das Resultat ist im Allgemeinen dasselbe, wenn beide Flächen von einander getrennt sind, gleichviel auch, ob sie einem oder zweien Isolatoren angehören. Mit der Entfernung aber wird der Ueberschuſs der Influenzelektricität geringer, wenn nicht die ursprüngliche Erregung eine gleichmäſsig gröſsere ist. Hierbei will ich auf einen Umstand aufmerksam machen, den man nicht übersehen darf, wenn man den Versuch mit zwei Platten in der Weise anstellen will, daſs man den elektrischen Zustand beider einzeln prüft. Legt man die Platten nämlich auf einander, elektrisirt die eine, und leitet hierauf die andere ab, so werden beide noch leicht den Ueberschuſs der Influenzelektricität erkennen lassen, trennt man sie aber und führt jede einzeln dem Elektroskope vorbei, so könnte das Resultat leicht ein anderes seyn. Der Grund liegt in dem elektrischen Verhalten der beiden innern Flächen, welches, so lange diese vereint bleiben, zwar ohne Einfluſs ist, bei der Trennung aber die Wirkung der äuſsern theilweise neutralisirt. Deshalb müssen, um ein sicheres Resultat zu erhalten, die

Platten von vorne herein durch eine dünne Luftschicht von einander getrennt seyn, damit zwischen beiden keine elektrische Ausgleichung statt haben kann.

Das Mittel, welches sich auf diese Weise bietet, bei gegebener Elektricitätsmenge eine successive Erhöhung der Dichtigkeit zu erreichen, ist nicht auf Isolatoren allein beschränkt. Läfst man die metallische Belegung einer Glasplatte aus vielen schmalen, mit einander parallelen, und durch isolirende Zwischenräume getrennten Streifen bestehen, so kann man auch hier einen Ueberschufs der Influenzelektricität nachweisen, wenn man die Fläche elektrisirt und die Streifen der Reihe nach ableitend berührt. Je breiter aber die Streifen, oder allgemein, je gröfser die auf einmal berührte Fläche im Verhältnifs zur ursprünglich elektrisirten ist, um so geringer wird auch dieser Ueberschufs ausfallen müssen. Sind beide gleich, so mufs im günstigsten Falle, d. h. wenn sie zusammenfallen, die Influenzelektricität gleich der mitgetheilten, in jedem andern Falle, wie bei der Franklin'schen Tafel oder dem Condensator, die mitgetheilte im Ueberschufs seyn.

Aus dem Gesagten folgt für die Construction von Influenzmaschinen:

1) Dafs auf belegten rotirenden Scheiben die elektrische Dichtigkeit im Allgemeinen eine geringere ist, wie auf unbelegten, so dafs diese neben gröfserer intensiver, auch eine gröfsere quantitative Wirkung geben. Bekanntlich gelangte Töpler auf experimentellem Wege zu einem ähnlichen Resultat, das Derselbe aber nicht durch die Ungleichheit der Ladung selbst, sondern durch die ungleichen Verluste dieser Ladung, welche ohne Zweifel mitwirken, zu erklären sucht [1]).

2) Dafs auf belegten Scheiben, wenn die Theile der Belegung gleich den festen influencirenden Flächen sind, die elektrische Dichtigkeit eine geringere, wie auf diesen Flächen, auf unbelegten Scheiben aber im Allgemeinen

1) Diese Ann. Bd. 127, S. 192.

eine gröfsere ist. Unter Dichtigkeit soll hier natürlich die gesammte Elektricitätsmenge (also die gebundene sowohl, wie die freie), welche sich auf der Flächeneinheit befindet, verstanden werden.

Das letztere ist besonders wichtig für die Construction solcher Elektromotoren, deren Thätigkeit nicht auf die Mitwirkung einer andern Elektricitätsquelle basirt ist. Hier soll die Elektricität der influencirenden Flächen durch den Apparat selbst, d. h. durch Mittheilung von der rotirenden Scheibe erhalten werden, und diese Mittheilung ist nur bei einem bestimmten Verhältnifs der Dichtigkeit gestattet. Soll nämlich von einem Körper *A* Elektricität auf einen andern Körper *B* übertragen werden, so mufs die Dichtigkeit der freien Elektricität von *A* gröfser als die Dichtigkeit der freien Elektricität von *B* seyn. Daher ist, wenn die Dichtigkeit der gesammten Elektricitätsmenge von *B* gröfser als die Dichtigkeit der gesammten Elektricitätsmenge von *A* ist, eine Uebertragung von *A* auf *B* nur möglich, wenn gleichzeitig ein Theil der Elektricität von *B* gebunden wird. Auf diese Weise geschieht es, dafs bei der Töpler'schen Maschine, wo die belegten influencirten Flächen gleich den influencirenden sind, doch eine Uebertragung der Elektricität von jenen auf diese statt haben kann. Aber auch bei dem von mir beschriebenen Apparat mit einer unbelegten Scheibe ist diefs Princip, welches ja mehr oder weniger das Princip des Condensators ist, keineswegs ausgeschlossen, da sich auch hier die influencirenden Flächen längere Zeit unter dem Einflufs der influencirten befinden; und diefs wird überhaupt so lange der Fall seyn müssen, als die Wirkung der Influenz von constanten und mehr oder weniger zusammenhängenden Punkten ausgeht. Gleichwohl mag schon bei diesem, wie bei ähnlichen Apparaten das obige Princip der Seitenanziehung eine wesentliche Rolle spielen. Es lassen sich indessen Maschinen construiren, deren selbstständige elektromotorische Thätigkeit allein auf diefs Princip beruht, und ich will eine solche im Folgenden ausführlicher beschreiben,

weil sie für die Theorie der Influenzmaschinen überhaupt von Interesse seyn dürfte.

Zwei dünne Glasscheiben (Fig. 5 Taf. II) sind auf Hülsen befestigt, welche um dieselbe verticale Axe rotiren. Jede dieser Hülsen ist mit einem kleinen Schnurrade versehen, und zwei gröfsere Schnurräder sind gleichfalls auf Hülsen befestigt, welche um dieselbe horizontale Axe rotiren. Die kleinen Schnurräder sind um den Durchmesser der gröfseren und diese um den Durchmesser der kleinen von einander entfernt. Auf diese Weise geschieht es, dafs ein und dieselbe Schnur die Scheiben, wie es nöthig ist, im entgegengesetzten Sinne bewegen kann. Eine schwierige Aufgabe war es die letzteren bei gehöriger Befestigung möglichst nahe zu bringen. Hr. Borchardt, welcher diesen Apparat angefertigt, hat diefs dadurch bewirkt, dafs er die obere Fassung der untern Scheibe aus einer dünnen Platte bestehen und die untere Fassung der obern durch jene hindurchgehen liefs. Die Scheiben sind hierdurch bis auf 1‴ Entfernung genähert und um diesen Abstand zu erhalten, sind die Hülsen, wo sie einander berühren, mit Ringen aus gehärtetem Stahl versehen.

An der Peripherie der Scheiben, gleich weit von einander entfernt, ragen in senkrechter Stellung vier Messingständer aus Pflöcken von Kammmasse hervor. Am obern Ende dieser Ständer, zum Theil über, zum Theil unter den Glasflächen sind fünf mit Spitzen besetzte Querstäbchen, welche Conductoren heifsen mögen, befestigt. Dieselben sind conisch eingesetzt, um sie nach Bedürfnifs leicht entfernen zu können, und ihre Verbindung geschieht, wo es nöthig ist, durch Messingdrähte, welche an dem untern Ende der Ständer zu befestigen sind.

Bevor ich zu den verschiedenen Formen, welche man dem Apparat, je nach Bedürfnifs der Quantität oder Dichtigkeit, geben kann, übergehe, wird es am einfachsten seyn die Wechselwirkung zweier einzelnen Conductoren zu betrachten. Hierzu mögen die Conductoren *a* und *b* gewählt seyn, von denen *a* unterhalb, *b* oberhalb der Scheiben liegt,

so dafs die obere, wenn sie in dem in der Figur angedeuteten Sinne rotirt, zunächst von *b* nach *a* und die untere zunächst von *a* nach *b* gelangt. Beide Conductoren sollen auch in der Folge allein als Ladungsconductoren betrachtet werden: sie müssen daher immer, bevor die elektrische Thätigkeit des Apparats überhaupt erregt werden kann, zunächst verbunden werden. Gesetzt nun eine elektrische Fläche, welche eine geriebene Kammmasseplatte seyn mag, sey dem Conductor *a* gegenüber gebracht, so wird die untere Scheibe durch den letzteren positiv elektrisirt, und wenn diese hierauf dem Conductor *b* gegenübertritt, so wird die obere in gleicher Weise negativ elektrisirt. Die obere aber tritt wieder dem Conductor *a* gegenüber, und die erregende Platte wird nunmehr überflüssig seyn, da beide Scheiben jetzt selber abwechselnd die Rollen der influencirenden und der influencirten Flächen übernehmen. Die Dauer dieser Wechselwirkung aber wird von folgenden Bedingungen abhängig seyn.

1) Die Verbindung zwischen *a* und *b* darf nicht vollständig unterbrochen werden, zwischen *a* und *b* mufs also überhaupt noch eine Ausgleichung der Elektricitäten möglich seyn.

2) Die Scheiben müssen sich an einem dritten Punkte, welcher nicht zwischen *a* und *b* liegen darf, vollständig entladen können.

3) Die Dichtigkeit der Influenzelektricität mufs jedesmal gröfser seyn, wie die Dichtigkeit der influencirenden.

Die ersten beiden Bedingungen liegen in der Hand des Experimentators, die letzte mehr oder weniger in der Construction des Apparats. Je nachdem nun entweder nur der Ladungs- oder nur der Entladungsstrom oder beide Ströme combinirt benutzt werden sollen, sind folgende Anordnungen zu treffen.

Soll nur der Ladungsstrom benutzt werden, so mufs man den Conductor *d* dem Conductor *c* gegenüber in demselben Ständer befestigen, so dafs die Spitzen des einen genau den Spitzen des andern gegenüber stehen (Fig. 4 Taf. II).

Die untere Scheibe bewegt sich von *a* über *b* mit positiver, die obere von *b* über *a* mit negativer Elektricität, und beide Elektricitäten werden sich durch *cd* vereinigen. Stehen sich *c* und *d* nicht genau gegenüber, so findet leicht eine Bindung statt, so dafs sich die Glasflächen nicht vollständig entladen können.

Soll nur der Entladungsstrom benutzt werden, so ist es am einfachsten, an dem noch freien Ständer den fünften Conductor *e* zu befestigen und gleichzeitig den Doppelconductor *cd* abzuleiten (Fig. 6 Taf. II). Das letztere wäre überflüssig, so lange man die bei *e* frei werdende negative Elektricität nicht benutzen wollte. In dem Maafse aber, wie dieſs geschieht, würde sich ein Ueberschufs von positiver Elektricität bei *cd* bilden, so dafs sich die untere Scheibe nicht mehr vollständig entladen könnte. Diese Anordnung entspricht insofern der Anwendung des dritten Conductors bei andern Maschinen, als sich auch hier, so lange *a* und *b* geschlossen bleiben, die elektrische Bewegung nicht verlieren kann. Mit dieser Form kann man daher auch die höchste Spannung erreichen.

Sollen beide Ströme benutzt werden, so braucht man nur *e* mit *a* und ebenso *cd* mit *b* zu verbinden (Fig. 5). Die Verbindung von *a* und *e* wird nun aus einem doppelten Grunde negativ, bei *a* durch Influenz, bei *e* durch Ableitung der obern Scheibe; die Verbindung von *b* und *cd* in gleicher Weise positiv, bei *b* durch Influenz, bei *cd* durch Ableitung der untern Scheibe. Die Maschine mufs also in dieser Form die doppelte Quantität, wie in den beiden andern liefern, und weil die Arbeit hier wie dort dieselbe, da die erzeugten Elektricitäten in jedem Falle wieder vernichtet werden müssen, so dürfte dieſs im Allgemeinen die zweckmäfsigste Form des Apparates seyn. Man sollte meinen, dafs der Conductor *d* hierbei eine überflüssige Rolle spiele; aber entfernt man denselben, so wächst die Arbeit, ohne dafs man eine merkliche Zunahme der Wirkung spürt. Dieſs beweist, dafs zwar eine neue Elektricitätserregung

statt hat, deren Ausgleichung aber an andern Stellen, als im Schliefsungsbogen erfolgt.

Ein wesentliches Hülfsmittel für das Studium solcher Apparate sind die Lichterscheinungen, welche man im Dunkeln an den Glasflächen beobachtet. Auch bei dieser Maschine zeigen sie deutlich die Richtung des Stromes und die Function der einzelnen Conductoren an. Interessant ist es besonders in der letzten Combination, wie die beiden positiven Büschel zwischen *a* und *e* nach ein und derselben Linie zu strömen scheinen. Die beiden negativen sieht man in dem gegenüberliegenden Quadranten; zwischen *a* und *b* aber und *e* und *cd* finden überhaupt keine Lichterscheinungen statt. Dort sind beide Scheiben nämlich entgegengesetzt, und hier sind beide unelektrisch. Bei dieser Form des Apparats kann man auch im entgegengesetzten Sinne drehen, wodurch zwar der Strom zwischen *a* und *b* aufgehoben, aber die elektrische Bewegung nicht gehemmt wird. Denn nun werden *a* und *e* zu Ladungs- und *b* und *cd* zu Entladungsconductoren, und beide Ströme laufen nun getrennt durch die zwischen den Ständern befestigten Drähte. An den Lichterscheinungen aber zeigt sich diese Veränderung in der Weise, dafs die Büschel nun in die beiden andern Quadranten übergehen. Uebrigens läfst schon ein zwischen die Scheiben gebrachtes Papierstück die Function der Conductoren theilweise erkennen, da es sich nie zwischen Ladungs- und Entladungsconductoren, sondern immer nur in einem der beiden andern Quadranten aufhält, wo es sich mit grofser Schnelligkeit hin und her bewegt.

Die Wirkungen einer solchen Maschine dürften denen einer andern im Allgemeinen gleich seyn. Der vorstehende Apparat mit Scheiben von 11″ Durchmesser gab eine Schlagweite von 2″, und eine Leidner Flasche lud sich etwas schneller, als mit einer andern 12zölligen Maschine mit zwei Belegungen. Gleichwohl möchte ich den Apparat für den praktischen Gebrauch deshalb weniger empfehlen, weil sich die Elektricität sehr schnell von den Glasflächen zu

verlieren pflegt. Bei gröfseren Dimensionen möchte dieſs vielleicht weniger der Fall seyn.

Ich hatte dem Apparat ursprünglich eine andere Form gegeben. Ich hatte die Glasscheiben nämlich auf zwei verschiedenen mit einander parallelen Wellen befestigt, so daſs jene nur theilweise über einander greifen konnten, und diesem sich deckenden Theil standen die beiden Ladungsconductoren gegenüber, während die beiden andern aufserhalb der Wellen befestigt waren. Hier mufsten die Wellen in gleichem Sinne rotiren, damit sich die Scheiben zwischen den bei Ladungsconductoren im entgegengesetzten bewegten. Allein durch den Rand der einen wurde die innere Fläche der andern theilweise geladen, und diese Ansammlung an den innern Flächen hatte eine fortwährende periodische Stromumkehrung zur Folge, bis die einfachen Entladungsconductoren in Doppelconductoren verwandelt wurden. Nun erst wurde eine ziemliche Funkenlänge, aber eine verhältnifsmäfsig geringe quantitative Wirkung erreicht. Ich versuchte auch einen ähnlichen Apparat aus zwei dünnen Gummi- und Guttaperchabändern, welche durch Holzrollen in entgegengesetztem Sinne bewegt wurden, zu verfertigen, allein das Material sowohl, wie die Einrichtung haben sich als unpraktisch bewiesen, obwohl auch hier eine Wirkung constatirt werden konnte.

VIII. *Das Fluorescenz-Spectrum des elektrischen Lichtes; von J. Müller in Freiburg i. B.*

Die von Stokes gemachte Entdeckung der enormen Länge, welche das Spectrum des elektrischen Lichtes auf fluorescirenden Substanzen einnimmt, wenn es durch Quarzapparate hergestellt wird[1]), hat gewifs das Interesse aller

1) Diese Annalen Bd. CXXIII.

Physiker in hohem Grade erregt; bei Wiederholung der Versuche mag aber Mancher auf Schwierigkeiten gestofsen seyn, theils aus Mangel an gröfseren Quarzlinsen und Quarzprismen, theils aber auch weil die von Stokes gegebene Beschreibung seines Arrangements wegen Mangels an erläuternden Figuren schwer verständlich ist. Es dürfte deshalb Manchem wohl die Beschreibung des Apparates nicht ganz unwillkommen seyn, welchen ich unter Anwendung geringerer Mittel construirt habe, um die Erscheinung wenigstens der Hauptsache nach zu zeigen.

Fig. 4 Taf. V stellt meinen Apparat in $\frac{1}{8}$ der natürlichen Gröfse dar (die zur Bildfläche rechtwinkligen Linien sind nach einem halb so grofsen Maafsstab aufgetragen wie die mit der Bildfläche parallelen Dimensionen) und zwar ist mein aus 4 Brettern von 1 Centimeter Dicke zusammengesetztes Gestell für eine Quarzlinse von $4\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite berechnet. Mit wachsender Brennweite der Linse müfsten auch die Dimensionen des Apparates gröfser werden. In dem verticalen Brett AB ist ein rundes Loch eingeschnitten, welches zur Aufnahme der *Quarzlinse* dient. Dicht hinter dieser Linse ist das *Quarzprisma* aufgestellt, und zwar so gestellt, wie es ohngefähr dem *Minimum* entspricht. Auf der äufseren Seite des Brettes AB ist, rechtwinklig auf seiner Ebene stehend, ein starker Streifen von Eisenblech befestigt, dessen freies Ende den Holzring R trägt. Der Mittelpunkt des Ringes R und des Loches L befinden sich in gleicher Höhe. Die Metallspitzen, zwischen denen der Funken des Inductionsapparates überspringen soll, werden fast an die äufsere Fläche des Ringes R herangehoben und zwar so, dafs die Mitte zwischen den Spitzen in gleicher Höhe mit dem Mittelpunkt des Ringes R liegt. Die Dimensionen müssen so gewählt seyn, dafs der Funken ohngefähr um die doppelte Brennweite der Linse von derselben absteht.

Um das Spectrum aufzufangen, dient die Uranglasplatte UU, welche etwas in einen Holzfufs eingelassen auf dem horizontalen Brette CD steht, auf welchem man die

Glasplatte *UU* so lange verschieben kann, bis das Spectrum möglichst scharf erscheint.

Um das blendende Licht des Funkens von dem Auge des Beobachters abzuhalten, ist ein Schirm *AF* von Schwarzblech (in unserer Figur nur durch Linien angedeutet) angebracht, welche an die Aufsenseite des Brettes *AB* angeschraubt ist.

Der Abstand der Metallspitzen betrug ohngefähr 2 Millimeter; eine Leydener Flasche war in eine Nebenschliefsung eingeschaltet. Der zu den Versuchen angewandte Rühmkorff'sche Apparat war von mittlerer Gröfse und im Stande 20 bis 25 Centimeter lange Funken zu geben.

Die mit dieser Vorrichtung erhaltenen Resultate sind in Fig. 5 Taf. V dargestellt.

Als der Funke zwischen *Zinkspitzen* überschlug, wurde das bei No. 3 in seinen wahren Dimensionen abgebildete Spectrum beobachtet, welches wie alle auf dem Uranglas aufgefangenen, seiner ganzen Ausdehnung nach *grün* erschien. Um die Ausdehnung des ohne Fluorescenz sichtbaren Spectrums zu ermitteln, wurde die Glasplatte an der Stelle, wo die obere Hälfte des Fluorescenzspectrums hinfiel, durch Papier bedeckt, und nun zeigte das Spectrum vom Roth bis zum Violet die in No. 1 dargestellte Ausdehnung.

Das Fluorescenzspectrum des zwischen Zinkspitzen überspringenden Funkens ist also fast 6mal länger als das ohne Fluorescenz sichtbare Spectrum.

Noch gröfser wurde die Länge des Fluorescenzspectrums als die Zinkspitzen durch *Aluminiumspitzen* ersetzt wurden. Es hatte die in No. 4 dargestellte Ausdehnung. (Der Spectralstreifen No. 4 wurde nur der Raumersparnifs wegen in verringerter Höhe dargestellt. Das gleiche gilt von dem Spectralstreifen No. 2).

Um das Spectrum des elektrischen Lichtes mit dem des Sonnenlichtes zu vergleichen, wurde in den Holzring *R* eine gegen $\frac{1}{4}^{mm}$ weite Spalte eingesetzt und auf diese ein Bündel Sonnenstrahlen geleitet, welches von dem Metall-

spiegel des Silbermann'schen Heliostaten reflectirt worden war. Auf dem Uranglase zeigte sich nun der seiner ganzen Ausdehnung nach grüne Spectralstreifen No. 2.

Eine annähernde genaue Bestimmung ergab für die brechbarsten Strahlen des Aluminiumlichtes als Minimum der Ablenkung 64°. Das Quarzprisma, welches im Fall der kleinsten Ablenkung in der Richtung der optischen Axe durchlaufen wurde, hatte einen brechenden Winkel von 60°. Danach ergiebt sich für diese äufsersten ultravioletten Strahlen

der Brechungsexponent 1,766

die Wellenlänge 0,00024^{mm},

während für die brechbarsten Strahlen, welche im Sonnenlichte enthalten sind, die Wellenlänge 0,0003^{mm} beträgt.

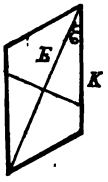
Als der Funke zwischen *Zink*spitzen überschlug, wurde eine Platte des *reinsten Spiegelglases* zwischen den Ring *R* und der Quarzlinse gehalten; augenblicklich verschwand der brechbarere Theil des Spectrums von der mit *x* bezeichneten Stelle an, ein Beweis wie stark das Glas die stärker brechbaren Strahlen absorbirt.

Die oben beschriebene Vorrichtung ist durchaus nicht geeignet, einzelne isolirte Spectralstreifen scharf zu geben, was schon daraus hervorgeht, dafs das auf Papier aufgefangene Spectrum No. 1 keineswegs rein war. Aus diesem Grunde sind auch die noch bemerkbaren dunklen Linien im Spectrum No. 2 und No. 4 weggelassen worden. Reinere Spectra lassen sich nur erhalten, wenn man Linsen von bedeutend gröfserer Brennweite anwendet. Die beobachteten Spectra sind übrigens stets eine Combination des Metallspectrums mit dem Luftspectrum.

IX. *Das Verfahren mit dem Stauroskope;* von *Aristides Brezina* in Wien.

Als ich vor einigen Monaten meine Arbeit »über eine neue Modification des Kobell'schen Stauroskopes . . .« (diese Ann. Bd. CXXVIII, S. 446) veröffentlichte, glaubte ich nicht, dafs diese Arbeit Anlafs zu einem Mifsverständnisse geben könne, indem ich voraussetzte, dafs die Theorie des Instrumentes aus Grailich's »Krystallographisch-optischen Untersuchungen«, das praktische Verfahren aber aus Murmann und Rotter's »Orientirung der Schwingungsaxen des Lichtes in Krystallen des monoklinoëdrischen Systemes« bekannt sey. Allein die Aufnahme meiner Arbeit zeigt mir, dafs man die Kenntnifs der stauroskopischen Operationen selbst bei Denen nicht voraussetzen dürfe, welche durch ihre Arbeiten genöthigt seyn sollten, etwas eingehender die einschlägigen Ansichten zu studiren.

Fig. 1.



Ich will daher in kurzem das praktische Verfahren mit dem Stauroskope erklären.

Fig. 1 stelle die zu untersuchende Krystallplatte dar. *K* sey die Kante, parallel der wir den Krystall einstellen, und deren Winkel ξ mit der Elasticitätsaxe *E* wir kennen wollen.

Fig. 2.

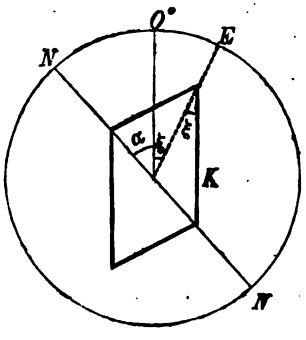
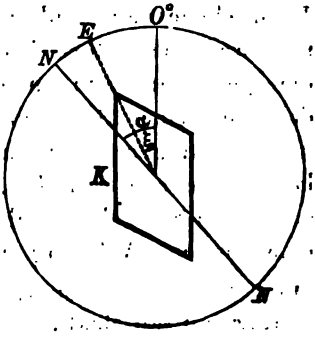


Fig. 3.



In Fig. 2 sey O der Nullpunkt der Theilung, NN die Polarisationsebene des einen Nicols. Setzen wir nun den Krystallträger sammt Platte auf das Instrument, so ist $K:E = O^0:E = \xi$. Damit das schwarze Kreuz hergestellt sey, müssen wir drehen, bis E in die Richtung NN fällt. Dabei macht K den Weg von 0^0 bis $(\xi + \alpha)^0$, welcher abgelesen wird; er sey gleich h_1.

Nehmen wir nun Krystallträger sammt Platte herab, und setzen sie umgekehrt wieder auf, so hat die Krystallplatte jetzt die Stellung Fig. 3. Drehen wir wieder bis E in NN fällt, so macht hierbei K den Weg $(\alpha - \xi)^0$, welchen wir mit h_2 bezeichnen wollen.

Wir haben also

$$h_1 = \alpha + \xi$$
$$h_2 = \alpha - \xi$$
$$h_1 - h_2 = 2\xi;\ \xi = \frac{h_1 - h_2}{2}\ ^1).$$

Es dient also dieses Verfahren nicht zur Controle, wie Hr. v. Kobell geglaubt hat, sondern zur Elimination des Winkels zwischen der Polarisationsebene des Nicols und dem Nullpunkte der Theilung.

Hr. v. Kobell hätte diese Manipulation auch in Murmann und Rotter's Abhandlung (Sitzungsb. d. Wiener Acad. Bd. XXXIV, S. 135) finden können, welche er jedoch nicht zu kennen scheint.

Natürlich wird, wenn $\alpha = 0$, das Umdrehen der Platte nicht nothwendig. Allein diese Coïncidenz der Polarisationsebene des Nicols mit dem Nullpunkte der Theilung ist etwas umständlich herzustellen, namentlich wenn man die Nicols auch zu andern Instrumenten verwendet und daher bei einer Beobachtung mit dem Stauroskope erst in dieses eintragen mufs; und selbst wenn man die eine Polarisationsebene fixirt hat, indem man einen eingelassenen schwarzen Spiegel als Polarisator verwendet, ist es sicherer eine doppelte Ablesung nach der Vorder- und Hinterseite

1) S. 448 meiner angeführten Arbeit, Z. 4 v. u. lies: »die halbe Differenz« statt »das Mittel«.

der Platte vorzunehmen. Nehmen wir aber an, es sey α vollkommen eliminirt, so bleibt bei v. Kobell's Stauroskop noch immer der Uebelstand, dafs man den Krystallträger sammt Platte wenigstens beim Beginne der Operation in den andern Theil hineinschieben mufs, und dafs auch bei nur einmaligem Hineinschieben der Krystall leicht aus seiner Stellung gebracht wird. Passen aber die beiden Theile nicht strenge in einander, so werden sie bei längerem Gebrauche so locker, dafs dadurch wieder die Genauigkeit der Messung beeinträchtigt wird.

Ein anderer Einwand, den mir Hr. v. Kobell macht, ist der, dafs, wie er sich ausdrückt, »alle offenen Polarisationsapparate, wie sie gewöhnlich gebraucht werden, ein Beobachten sehr kleiner Krystallplatten wegen des überall zutretenden Lichtes nicht gestatten«. Nun, Hr. v. Kobell scheint die Arbeiten Des Cloizeaux's nicht zu kennen. (*Ann. des mines ser. VI, T. VI*, diese Annalen Bd. CXXVI, S. 287). Der genannte Forscher hat seine ausgezeichneten Untersuchungen an Krystallen bis zu $\frac{1}{4}^{mm}$ Kleinheit mit einem offenen Polarisationsinstrumente gemacht; ich habe mit dem von mir (l. c. S. 449) beschriebenen Polarisations-Mikroskop bei zutretendem Lichte Krystalle untersucht, die mit freiem Auge kaum mehr erkennbar waren, und habe eine Störung durch das Seitenlicht nie beobachtet.

Allein das Offenseyn des Stauroskops verursacht nicht nur keine Störung, sondern es ist auch sehr nützlich. Denn, Hr. v. Kobell sagt selbst (diese Ann. Bd. XCV, S. 330): »mache ich noch besonders aufmerksam, dafs man eine zu beobachtende Fläche ganz genau in ihrer Lage bestimmen und aufzeichnen mufs, um bei den Messungen durch das Verwechseln von Links und Rechts, von Vorn und Hinten, nicht verwirrt zu werden«. Kann man nun die Krystallplatte fortwährend sehen, wie es bei einem offenen Stauroskope der Fall ist, so ist eine Irrung viel leichter zu vermeiden, als wenn man die Orientirung des Krystalles immer im Kopfe haben mufs.

X. Erwiderung auf Hrn. Schiff's Mittheilung über sogenannte übersättigte Salzlösungen; von Dr. Lindig.

Die im Octoberheft dieser Zeitschrift von Hrn. Schiff veröffentlichte Mittheilung »Ueber sogenannte übersättigte Salzlösungen« veranlafst mich, in sofern sie gegen eine von mir publicirte Notiz gerichtet ist, zu einigen Gegenbemerkungen.

Die betreffende Notiz, die ich »über das Verhalten einer Glaubersalzlösung bei Temperatur-Erniedrigung« in dieser Zeitschrift[1]) veröffentlicht habe, hatte, wie auf den ersten Blick zu sehen war, lediglich den Zweck die Aufmerksamkeit der Physiker auf die merkwürdige Erscheinung hinzulenken, dafs ein Glaubersalz-Krystallkuchen, der dem Anscheine nach eine solide, compacte Masse darstellt, bei Temperatur-Erniedrigung keine Verminderung, sondern eine Vermehrung des Volumens wahrnehmen läfst, dafs sich also diese Substanz — der äufseren Erscheinung nach — ähnlich wie das Wasser unter 4° C. verhält. Bei einer Kritik der dieſs Factum betreffenden Notiz konnte es sich demnach nur um zwei Punkte handeln: einerseits ob das Factum richtig, anderseits ob es noch unbekannt sey. Es mufs daher einen Jeden befremden, dafs Hr. Schiff, wenn er nun einmal die kritische Feder gespitzt hatte, seinen Scharfsinn nicht auf diese Hauptpunkte, sondern gegen einige gelegentliche Aeufserungen in jener Notiz gerichtet hat. Unter Anderm hatte ich nämlich die beiläufige Bemerkung gemacht, dafs die beobachtete Volum-Vermehrung einer Glaubersalzlösung, die von einer fortschreitenden Krystallisation begleitet sey, aus einer etwaigen geringeren Dichtigkeit der gebildeten Krystalle zu erklären seyn möchte. Ich hatte indessen als Bedenken dagegen angeführt, dafs losgelöste Krystalle nicht schwammen, sondern zu Grunde

1) Siehe Bd. CXXVIII, S. 157.

gingen. Hr. Schiff hat nun in meiner Bemerkung eine ketzerische Irrlehre gefunden und daher nicht verfehlt, diese mit Fanatismus zu verdammen und seine orthodoxe Lehre dagegen geltend zu machen. Da ich aber meiner Aeufserung nicht im Mindesten Gewicht beigelegt wissen wollte, so kann ich mit Bereitwilligkeit bekennen, dafs ich dieselbe ohne Weiteres Preis gebe und gern die von Hrn. Schiff gegebene Erklärung der fraglichen Erscheinung annehme. Nach dieser Erklärung scheint es mir in der That einleuchtend, dafs die beobachtete Ausdehnung, sowohl der Glaubersalzlösung als auch des Krystallkuchens bei Abkühlung lediglich durch die fortschreitende Krystallisation bedingt sey, und dafs ferner diese von der Krystallisation abhängige Ausdehnung einer bei der Auflösung des Glaubersalzes eingetretenen Contraction entspreche. Das Auffällige und Merkwürdige im Verhalten des Glaubersalz-Krystallkuchens ist demnach nicht eine Discontinuität in der Ausdehnung, sondern besteht darin, dafs die von der Krystallisation abhängige Ausdehnung aufserordentlich beträchtlich ist und die von der Abkühlung herrührende Zusammenziehung bedeutend übertrifft. Nicht bei allen Salzlösungen begegnet man dieser Erscheinung; darum ist Verhalten der Glaubersalzlösung vor dem anderer Lösungen ausgezeichnet und wohl geeignet die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich zu lenken. Meines Wissens ist dieses Verhaltens an keiner Stelle Erwähnung geschehen. Dafs es Hrn. Schiff nicht unbekannt gewesen ist, scheint aus seiner Mittheilung hervorzugehen; indessen ist aus derselben nicht ersichtlich, ob er die betreffende Erscheinung bereits vor mir publicirt zu haben meint. Leider habe ich mir die von ihm in den Annalen der Chemie und Pharmacie veröffentlichten Untersuchungen nicht verschaffen können und weifs daher nicht, ob er in der That die fragliche Erscheinung früher als ich bekannt gemacht habe. Wie dem nun auch seyn mag, so scheint doch jedenfalls das Verhalten des Glaubersalz-Krystallkuchens wichtig und merkwürdig genug, um wiederholt erwähnt zu werden. Wenn sich also Hr. Schiff darüber

aufhält, daſs mir jenes Verhalten überhaupt auffällig vorgekommen ist, so ist das ein Beweis, daſs es ihm darum zu thun gewesen ist zu kritisiren. Was man von einer solchen Art der Kritik zu halten habe, kann und wird sich ein Jeder selbst sagen.

Wenn ich mit diesen Bemerkungen den herausfordernden und beleidigenden Angriffen des Hrn. Schiff entgegen zu treten für nöthig gehalten habe, so ist es dabei nicht meine Absicht gewesen, demselben eine etwa erwünschte Gelegenheit zu einem physikalischen Streite darzubieten. Es ist mir vielmehr darauf angekommen, darzulegen, um was es sich in der angefochtenen Notiz handelte, und dadurch zu zeigen, daſs die Hauptsache derselben von der Kritik des Hrn. Schiff durchaus unberührt ist.

Schwerin, im December 1866.

XI. *Ueber die Zusammensetzung des Franklinits; von C. Rammelsberg.*

In einer früheren Abhandlung[1]) hatte ich gezeigt, daſs Abich's Analyse des Franklinits nicht richtig seyn könne, und als Mittel eigener Versuche gefunden

	Eisen	45,16
	Mangan	9,38
	Zink	20,30
also	Sauerstoff	25,16

und da das Atomverhältniſs der Metalle und des Sauerstoffs = 5 : 6 ist, so hatte ich die Formel $\dot{R}^5\ddot{R}$ aufgestellt. Ich hielt es für das Wahrscheinlichste, daſs das Mangan als Oxyd, das Eisen als Oxyd und Oxydul vorhanden sey,

1) Diese Ann. Bd. 107, S. 312.

und berechnete die Menge des letzteren zu 29 bis 33 Proc.

Mit Recht hat v. Kobell neuerlich bemerkt[1]), dafs das Manganoxyd des Franklinits nur 12,3 Proc. Eisenoxydul voraussetzen lasse, da die Auflösung des Minerals nach der Ausfällung des Eisenoxydes, wie ich dieſs auch schon selbst gefunden hatte, kein Eisenoxydul enthält. Er hat die Analyse des Minerals wiederholt und

Eisenoxyd	66,20	= Eisen	46,34
Manganoxyd	12,42	Mangan	8,64
Zinkoxyd	21,00	Zink	16,85
Thonerde	0,80	Aluminium	0,43
	100,42	also Sauerstoff	28,16

erhalten. Die Differenz liegt wesentlich im Zinkgehalt, das aus Oxyd bei meinen früheren Versuchen

25,09 — 25,51, einmal selbst 26,83

war, bei v. Kobell aber nur 21,0 ist.

Wenn ich Eisen und Mangan als Oxyde berechnete, erhielt ich stets einen Sauerstoffüberschufs von 3 bis 4 Proc., was bei v. Kobell's Analyse nicht der Fall ist. Die Resultate von vier neuen Versuchen (No. 1 von einzelnen kleinen Krystallen, die übrigen von blättrigen Massen) sind:

	1	2	3	4
Eisenoxyd	65,93	65,92	65,58	66,77
Manganoxyd	11,34	12,50	12,31	12,77
Zinkoxyd	21,82	23,26	21,94	22,42
	99,09	101,68	99,83	101,96.

Offenbar liegt der gröfsere Zinkgehalt von No. 2 und 4, noch mehr aber der meiner früheren Analysen in Fehlern der Versuche, und das Mittel mit Ausschluſs der Zahlen 23,26 nnd 22,42, ist:

Eisenoxyd	66,05	oder Eisen	46,23
Manganoxyd	12,23	Mangan	8,52
Zinkoxyd	21,88	Zink	17,56
	100,16	(Sauerstoff)	27,69
			100.

1) Sits. d. Münch. Akad. d. Wiss. a. 9. Juni 1866.

Das Atomverhältnifs der Metalle und des Sauerstoffs ist = 1 : 1,384 = 3 : 4,152 = 3 : 4, der Franklinit also

$$R^3O^4 = RO + R^2O^3,$$

wie es Kobell behauptet hat, und ich habe früher den Zinkgehalt irrthümlich zu grofs angegeben, ob in Folge eines Gehaltes an Alkali oder von basischem Salz im geglühten Oxyd, ist jetzt nicht zu entscheiden.

Kobell schliefst aus dem Magnetismus des Minerals auf Eisenoxydul; ist aber $\dot{F}e\ddot{F}e$ vorhanden, so mufs man consequenterweise auch $\dot{M}n\ddot{M}n$ annehmen. Er findet, dafs die geringe Chlorentwicklung beim Auflösen von ein wenig überschüssigem Manganoxyd (0,8 Proc.) herrührt, welches beigemengt seyn mag. Die Berechnung seiner und meiner Analyse in diesem Sinn giebt:

	K		Sauerstoff
Thonerde	0,80	0,36	
Eisenoxyd	58,36	17,50	20,21
Manganoxyd	7,75	2,35	
Manganoxydul	3,48	0,78	
Eisenoxydul	7,05	1,56	6,47
Zinkoxyd	21,00	4,13	
Manganoxyd, frei	0,79		
	99,24.		

	R.		Sauerstoff
Eisenoxyd	57,89	17,34	19,82
Manganoxyd	8,16	2,48	
Manganoxydul	3,66	0,82	
Eisenoxydul	7,42	1,65	6,79
Zinkoxyd	21,88	4,32	
	98,92		

oder

$$\dot{M}n\ddot{M}n + 2\dot{F}e\ddot{F}e + 5\dot{Z}n\ddot{F}e.$$

Legt man auf den Magnetismus kein Gewicht, so ist es einfacher, den Franklinit als

$$\left.\begin{matrix}\frac{2}{5}\dot{M}n \\ \frac{3}{5}\dot{Z}n\end{matrix}\right\} \ddot{F}e = \left.\begin{matrix}Mn^2 \\ Zn^3 \\ Fe^5\end{matrix}\right\} O^{10}$$

zu betrachten. Der Verlust in beiden Analysen macht dann etwa 1 Proc. aus.

	Kobell	Rg.
Eisenoxyd	66,20	66,05
Manganoxydul	11,16	11,00
Zinkoxyd	21,00	21,88
Thonerde	0,80	98,93
	99,16.	

Auch ich glaube, dafs die kleine Menge Manganoxyd, welche Ursache der Chlorentwicklung ist, von der höheren Oxydation des Manganoxyduls herrührt.

XII. *Experimentelle und theoretische Untersuchung über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere;* von *J. Plateau.*

Sechste Reihe[1]).

Theorie der Erzeugung flüssiger Lamellen. — Gesetze der Laminarsysteme, Theorie und Versuche; Beschaffenheit des Schaumes, der sich auf gewissen Flüssigkeiten bildet. — Erzeugungsweise von Laminarsystemen. — Bedingungen, unter welchen ein polyëdrisches Gerüpp, entweder ein vollkommnes Laminarsystem oder ein unvollkommnes oder ein nullgleiches bildet.

In dieser Reihe suche ich zuvörderst nachzuweisen, dafs die Entwicklung flüssiger Häutchen einfach das Resultat der Viscosität und Cohäsion ist, wenigstens so lange man

1) Ausführlich in den *Mém. de Bruxelles*, *T. XXXIII*, im Auszuge in den *Ann. de chim. et de Phys. Sér. III*, *T. LXIV*, *p.* 472, der hier auf Wunsch des Hrn. Verf. mitgetheilt wird. Die fünfte Reihe und der Nachweis zu den früheren Reihen finden sich in diesen Annalen Bd. CXIV, S. 597. Ein Auszug aus der siebenten Reihe wird im nächsten Hefte folgen. P.

nur diese Entwicklung selbst in Betracht zieht, ohne Rücksicht auf die Leichtigkeit ihres Zustandekommens. Ich wähle ein sehr einfaches Beispiel; ein Häutchen in Gestalt einer sphärischen Kappe, hervorgerufen an der Oberfläche einer Flüssigkeit durch eine aus deren Innern emporgestiegene Luftblase. Die Luftblase kann sich nicht anders der Oberfläche nähern, als dafs sie ringsum ihren Scheitel alle über ihr befindlichen Flüssigkeitstheilchen nach allen Azimuten vertreibt, und diese relative Verschiebung der Theilchen geschieht offenbar desto rascher, je mehr der Scheitel der Luftblase sich der Oberfläche nähert. Allein die Viscosität setzt der relativen Verschiebung der flüssigen Theilchen einen Widerstand entgegen, der mit der Schnelligkeit dieser Verschiebung bedeutend wächst, so dafs, wenn der Abstand zwischen dem Scheitel der Luftblase und der Oberfläche sehr klein geworden ist, die besagten Molecularbewegungen nicht mehr mit einer dem Aufsteigen der Blase entsprechenden Schnelligkeit geschehen können. Soll von da ab die Luft, welche die Blase ausmacht, zu steigen fortfahren oder über das Niveau der Flüssigkeit hinausgehen, so mufs diese Flüssigkeit entweder zerreifsen oder gehoben werden. Nun kann man seit den schönen Untersuchungen der HH. Donny und Henry nicht mehr bezweifeln, dafs die Cohäsion der Flüssigkeiten von gleicher Ordnung, wie die der starren Körper ist. Die flüssige Schicht, welche im Moment, da wir das Phänomen betrachten, den Scheitel der Luftblase noch von der Oberfläche trennt, bietet also, wiewohl sie sehr dünn ist, einen viel zu grofsen Widerstand dar, als dafs ein Reifsen stattfände; diese Schicht wird also gehoben, d. h. es bildet sich ein Häutchen.

Ich zeige, dafs, nach Beendigung des Phänomens, dieses Häutchen nothwendig ein Kugelstück darstellt, dafs es aber niemals eine vollständige Halbkugel erreichen kann, sondern sich derselben desto mehr nähert, je gröfser sie ist. Ich habe diefs letztere Resultat durch den Versuch dargethan. Ich habe nachgewiesen, dafs wenn die Luftblase sehr

klein ist, z. B. nur ein Millimeter im Durchmesser hat, das von ihr auf der Oberfläche der Flüssigkeit gebildete Häutchen nur ein sehr geringes Stück der Kugel ist, zu welchem es gehört, dafs in dem Maafse als das Luftvolum gröfser wird, die sphärische Kappe sich um so weniger von einer Halbkugel entfernt, und dafs, wenn der Durchmesser ihrer Grundfläche etwa 3 Centimeter übersteigt, diese Kappe dem Augenschein nach eine Halbkugel ist. In dem Folgenden setze ich derlei Häutchen immer als so grofs voraus, dafs man sie als halbkugelig betrachten kann.

Wenn zwei auf der Oberfläche einer Flüssigkeit gebildete laminare Halbkugeln an ihrer Basis mit einander in Berührung kommen, so weifs Jedermann, dafs sie mehr oder weniger in einander dringen, allein dergestalt, dafs die Luftportionen, welche sie respective einschliefsen, getrennt bleiben durch eine flüssige Lamelle oder Scheidewand. Ich zeige, dafs diese Scheidewand gleichfalls ein Stück einer Kugel ist, deren Krümmung im Allgemeinen verschieden ist von der der beiden ersten Häutchen. Ausgehend von dem Princip, dafs der von einer sphärischen Lamelle auf die von ihr eingeschlossene Luft ausgeübte Druck sich umgekehrt wie der Radius dieser Lamelle verhalte, gelange ich, wenn ϱ, ϱ' und r respective die Radien der gröfseren und kleineren Lamelle, so wie der Scheidewand bezeichnen, zu der Formel:

$$r = \frac{\varrho\varrho'}{\varrho - \varrho'},$$

welche den Radius der Scheidewand giebt, wenn man die der beiden Lamellen kennt.

Zur Vervollständigung des Studiums eines solchen Gebildes erübrigt noch, zu ermitteln, unter welchen Winkeln die beiden Lamellen und die Scheidewand zusammenstofsen. Zu dem Ende mufs ich vorab bemerken, dafs die flüssigen Lamellen nicht unter Winkeln mit linearen Kanten zusammenstofsen können. Die Continuität erfordert, dafs sich längs der ganzen Linie des Zusammentreffens unserer drei Lamellen eine kleine Masse bilde, die winkelrecht gegen

dieselbe Linie sehr concave Oberflächen hat. Bei Seifenwasser oder Glycerinflüssigkeit ist die kleine Masse viel zu zart, als dafs das Auge die transversalen Krümmungen unterscheiden könnte; allein man sieht sie sehr gut in den Laminarsystemen, die man inmitten der alkoholischen Flüssigkeit mit Oel erhält, wie ich in meiner zweiten Reihe gezeigt habe. Diefs gesetzt, mufs diese kleine Masse für sich sein Gleichgewicht der Gestalt haben; da nun ihre transversalen Krümmungen ungeheuer sind gegen die longitudinale Krümmung, so kann man den Einflufs der letzteren vernachlässigen und folgern, wie wenn die kleine Masse gerade wäre; allein in diesem Falle erfordert das capillare Gleichgewicht offenbar, dafs die transversalen Krümmungen der drei kleinen Flächen identisch seyen, was die Gleichheit der Winkel zwischen den drei Lamellen mit sich führt; mithin werden die drei Lamellen unter Winkeln von 120° gegeneinander stofsen.

Man kann auch von dieser Gleichheit ausgehen, um den Radius der Scheidewand in Function der Radien der beiden andern Lamellen zu bestimmen; man kommt dann auf die obige Formel zurück.

Nimmt man an, dafs eine dritte halbkugelige Lamelle sich den beiden anderen anschliefse, so wird das Ganze nothwendig drei Scheidewände enthalten, die, auch nach demselben Princip, unter Winkeln von 120° zusammenstofsen.

Aus diesem gemeinschaftlichen Werth der Winkel, unter welchen alle besagten Lamellen zusammenstofsen, habe ich eine einfache graphische Construction der Basis des Systems abgeleitet, welches zwei oder drei Halbkugeln und ihre Scheidewand bilden, wenn man die Radien, welche diese Halbkugeln nach ihrer partiellen Durchdringung annehmen, im Voraus als gegeben betrachtet.

Ich habe diese Construction durch folgenden Versuch bestätigt. Nachdem man die besagte Basis in dicken Strichen auf Papier gezeichnet und dieses auf einen Tisch gelegt hat, bedeckt man es mit einer dünnen Glasplatte, die

man oben mit Glycerinflüssigkeit benäfst; hierauf setzt man auf diese Platte zwei oder drei Blasen von derselben Flüssigkeit, oberhalb derjenigen Circonferenzportionen, welche die respectiven Basen der zusammenklebenden Halbkugeln vorstellen, und diese Blasen ordnen sich sogleich zu einem Systeme mit Scheidewänden. Durch einen kleinen Handgriff endlich, den ich in meiner Abhandlung beschreibe, modificirt man die respectiven Durchmesser der zusammenklebenden Halbkugeln und wenn diese Durchmesser gleich geworden sind denen der Zeichnung, überdeckt die ganze Basis des verwirklichten Systems genau diese Zeichnung. Da nun die Construction dieser letzteren darauf beruht, dafs die Winkel, unter welchen die Lamellen zusammenstofsen, gleich sind, so folgt aus ebengenannter Superposition, dafs diese Gleichheit wirklich statt hat.

In den eben untersuchten Systemen vereinigt eine und dieselbe Kante nur drei Häutchen, und in dem aus drei zusammengeflossenen Halbkugeln gebildeten giebt es vier in demselben Punkt endigende Kanten, nämlich diejenige, welche die drei Scheidewände verbindet, und die, welche die drei Halbkugeln zu je zwei vereinigen. Nun giebt es, wie ich (in meiner fünften Reihe) ausgesprochen habe, in den Laminarsystemen, welche innerhalb eines Drahtgerippes gebildet werden, niemals mehr als drei in einer selben flüssigen Kante endigende Lamellen, und vier in einem selben Punkt endigende flüssige Kanten. Diefs sind also zwei allgemeine Gesetze der laminaren Systeme.

Ich habe experimentell zu ermitteln gesucht, wovon diese Gesetze abhängen mögten, und bin zu dem Schlufs gelangt, dafs jedes laminare Gleichgewichtssystem, in welchem mehr als drei Lamellen in einer selben flüssigen Kante, oder mehr als vier flüssige Kanten in einem selben flüssigen Punkt endigen, ein instabiles ist. Folgendes sind zwei meiner Versuche über diesen Punkt.

1. Construirt man aus Eisendraht ein Gerip, bestehend aus zwei Quadraten, die einander in den Mitten ihrer gegenüberstehenden Seiten rechtwinklich schneiden und

denkt man sich jedes Quadrat eingenommen von einer ebenen Lamelle, so werden sich diese Lamellen schneiden in einer geraden flüssigen Kante, welche die beiden Durchschnittspunkte der starren Kanten verbindet. Das also gebildete System wird offenbar, wegen seiner vollkommenen Symmetrie, ein Gleichgewichtssystem seyn; allein die flüssige Kante wird vier Lamellen vereinigen. Zieht man nun ein solches Geripp aus der Glycerinflüssigkeit, so findet man es niemals von dem obigen Systeme eingenommen, vielmehr bildet sich eins, worin zwei krumme flüssige Kanten von zwei Durchschnittspunkten der soliden Drähte ausgehen und eine ebene Lamelle begränzen, während sich an jede dieser selben Kanten zwei krumme Lamellen heften, die von den Drähten ausgehen, so dafs dem Gesetz von drei Lamellen an einer selben flüssigen Kante genügt ist. Da nun das erstere System, wie gesagt, ein Gleichgewichtssystem war, also einfacher als das wirkliche System, und es sich dennoch niemals bildet, so darf man schliefsen, dafs es ein instabiles sey.

2. Denkt man sich in einem cubischen Gerippe zwölf ebene dreiseitige Lamellen respective von den zwölf starren Kanten ausgehend und im Mittelpunkt des Würfels zusammenstofsend, so würde auch dieses System wegen der Symmetrie ein Gleichgewichtssystem seyn. Man sieht ohne Mühe, dafs jede seiner flüssigen Kanten nur drei Lamellen unter gleichen Winkeln vereinigt; allein es enthält acht flüssige Kanten, die alle im Mittelpunkt zusammenlaufen. Nun ist es aber niemals in dem cubischen Geripp verwirklicht. Der flüssige Mittelpunkt ist ersetzt durch eine dreizehnte Lamelle von vierseitiger Gestalt, an deren vier Ecken zu je zwei die schiefen flüssigen Kanten endigen, so dafs an jeder dieser Ecken nur vier flüssige Kanten enden. Hier würde also, wie im vorhergehenden Fall, das erste supponirte System, obwohl ein Gleichgewichtssystem und einfacher, instabil seyn.

Es blieb noch nachzuweisen, ob die Winkel zwischen den drei Lamellen und die zwischen den vier Kanten gleich

seyen. Ich beweise zunächst, dafs diese Gleichheiten gegenseitige Folgen auseinander sind, so dafs es z. B. hinreicht, blofs die zweite nachzuweisen. Zu dem Ende suche ich den gemeinschaftlichen Werth der Winkel zwischen den flüssigen Kanten und finde ihn gleich 109° und einem Bruch. Hierauf wähle ich unter meinen Laminarsystemen diejenigen aus, worin alle Lamellen eben sind, folglich alle flüssigen Kanten gerade, nämlich: das des regulären Tetraëders, das des geraden dreiseitigen Prismas mit gleichseitigen Grundflächen, und das des regulären Octaëders. In dem ersten, welches nur vier flüssige Kanten enthält, die von den Ecken zum Mittelpunkt gehen und die von den Drähten gehaltenen Lamellen vereinigen, ergeben sich die besagten Gleichheiten von selbst auseinander, wegen der vollkommenen Symmetrie des Ganzen.

Unter der Zahl der flüssigen Kanten des zweiten Systems, nämlich das des dreiseitigen Prismas, giebt es eine die von einem flüssigen Punkt zu einem andern flüssigen Punkt geht, und deren Länge leicht mittelst eines Kathetometers gemessen werden kann. Nach den vorher gemessenen Dimensionen der Drähte meines Gerippes und nach dem obigen theoretischen Werth der Winkel zwischen den flüssigen Kanten hatte ich durch eine einfache Rechnung gefunden, dafs die Länge der besagten Kante = 42^{mm},44 seyn müsste. Die Messung mit dem Kathetometer gab 42^{mm},37, also nur eine sehr unbedeutende Abweichung davon.

Das dritte System, das des regelmäfsigen Octaëders, enthält sechs gleiche Vierseite, in welchem jeden eine der Diagonalen leicht mit dem Kathetometer zu messen ist. Ebenfalls ausgehend von den Dimensionen meines Gerippes und von dem theoretischen Werth der Winkel zwischen den flüssigen Kanten, fand ich durch Rechnung für die Länge dieser Diagonale: 23^{mm},16, während die directe Messung 23^{mm},14 gab. Der Unterschied ist, wie man sieht, noch kleiner als im vorigen Fall.

Die Laminarsysteme der übrigen Gerippe, d. h. derje-

nigen, welche krumme Lamellen und demzufolge krumme flüssige Kanten enthalten, bestätigen ebenfalls, obwohl in weniger klarer Weise die Gleichheit der Winkel, unter welchen diese Kanten in einem selben flüssigen Punkt zusammenlaufen. Erwähnen wir einiger Beispiele. Zuvörderst findet sich in dem System des cubischen Gerippes, wie oben gesagt, eine vierseitige Lamelle. Da nun die Winkel dieser, nach dem Vorhergehenden, 109° und ein Bruch seyn müssen, so müssen offenbar die Kanten etwas convex nach aufsen seyn, und diefs ist wirklich der Fall. Zweitens enthält das Laminarsystem des hexagonal prismatischen Gerippes in seiner Mitte eine hexagonale Lamelle. Da nun die Winkel eines regulären Hexagons mit geradlinigen Kanten 120° sind, d. h. bedeutend gröfser als 109°, so müssen die Seiten der Lamelle concav seyn und dieses zeigt auch das dargestellte System. Endlich enthält das System des pentagonal prismatischen Gerippes in seiner Mitte eine pentagonale Lamelle, und da die Winkel eines regulären Pentagons mit geraden Seiten 108° betragen, d. h. sehr nahe 109°, so müssen die Seiten der erwähnten Lamelle dem Auge keine merkliche Krümmung darbieten, und das beobachtet man auch.

Nachdem die vorstehenden Gesetze wohl erwiesen waren, machte ich von ihnen eine Anwendung auf eine andere Art von laminaren Systemen, nämlich den Schaum, der sich auf gewisse Flüssigkeiten, wie Champagner-Wein, Bier usw. bildet. Dieser Schaum besteht, wie Jeder weifs, aus einer Menge von Lamellen oder Scheidewänden, welche kleine Gasportionen einschliefsen; folglich mufs er, obgleich hier alles vom Zufall abzuhängen scheint, den in Rede stehenden Gesetzen unterworfen seyn. Seine unzähligen Scheidewände müssen also nothwendig überall zu je drei und zwar unter gleichen Winkeln zusammenstofsen und alle deren Kanten müssen so vertheilt seyn, dafs immer vier in einem selben Punkt endigen und daselbst gleiche Winkel machen. Ich habe diese Schlüsse experimentell bestätigt gefunden, wenigstens in Betreff der respectiven Anzahl

der Lamellen an einer selben Kante und der Anzahl der Kanten an einem selben Punkt, indem ich Luft in Glycerinflüssigkeit blies und dadurch auf deren Oberfläche ein häutiges Gebäude von grofsen Zellen hervorrief, wie es die Kinder mit Seifenwasser thun. Ein solches Gebäude hat offenbar gleiche Constitution wie der Schaum, aber die Gröfse der Scheidewände, aus welchen er besteht, erlaubt dem Auge das Innere zu erforschen.

Ich kehre hierauf zu den Laminarsystemen der Drahtgerippe zurück. Ein anderes Gesetz, welches ich in der fünften Reihe ausgesprochen habe, besteht darin, dafs in diesen Systemen jede Lamelle eine Fläche von nullgleicher Mittel-Krümmung darstellt. Alle diese Lamellen stehen nämlich an beiden Seiten mit der freien Atmosphäre in Berührung und sie können demgemäfs offenbar keinen Druck auf die Luft ausüben, weder in dem einen, noch in dem anderen Sinne. Nach dem in der fünften Reihe Gesagten erfordert diese Bedingung aber noch, dafs in jedem Punkt der besagten Lamellen die mittlere Krümmung Null sey. Es würde schwierig seyn, diefs Gesetz durch Beobachtungen genau zu bestätigen; allein es läfst sich wenigstens erweisen, dafs allemal, wenn eine Lamelle eine Krümmung in der einen Richtung zeigt, sie in rechtwinklicher Richtung darauf eine entgegengesetzte Krümmung besitzt.

In der fünften Reihe habe ich noch zwei andere Gesetze angezeigt, deren Ursachen ich ebenfalls in dieser Abhandlung untersuche; da sie indefs von geringerer Wichtigkeit sind, so will ich sie hier übergehen.

Endlich habe ich auch durch Theorie und Experiment studirt, auf welche Weise die Laminarsysteme der Gerippe zu Stande kommen. Ich begnüge mich hier mit einem Beispiel, nämlich mit der Entstehung des Systems des hexagonalen Prismas, wenn man das Gerippe aus der Flüssigkeit zieht und dabei die Axe des Prismas vertical hält. Im Moment, da die untere Basis zur Flüssigkeit austritt, besteht das System einfach aus sechs ebenen Lamellen, welche respective die sechs Seitenflächen des Prismas einnehmen,

und man begreift in der That, dafs diese Lamellen keine Tendenz haben müssen in das Innere des Gerippes einzutreten, weil sie unter sich zu je zwei genau den Winkel 120° machen, welche zwei zu diesem System gehörige Lamellen immer bilden. Wenn die untere Basis austritt, bleibt sie anfangs immer mit der Oberfläche der Flüssigkeit vereint durch eine Lamelle, welche sich nach unten zusammenzieht, sich bei Trennung von der Flüssigkeit schliefst, und in ebener Gestalt die besagte Basis ausfüllt. Allein diese ebene Lamelle macht alsdann rechte Winkel mit denen, welche die Seitenflächen ausfüllen, und kann daher nicht in diesem Zustand bleiben; wirklich sieht man sie auch zwischen den anderen aufsteigen, sich in zwei falten, sie an sich ziehend und somit an Gröfse abnehmen. Zugleich entwickeln sich die sechs anderen Lamellen, die von den verticalen Drähten ausgehen und an den flüssigen Kanten endigen, welche die erstern zu je zwei vereinigen; endlich tritt Gleichgewicht ein, so wie aufsteigende hexagonale Lamelle die Mitte der Höhe des Prismas erreicht hat.

Dieses Studium der Entstehung laminarer Systeme in Gerippen führt mich dahin sie in drei Klassen zu zerfällen *vollkommene* Laminarsysteme, *unvollkommene* und *nullgleiche*.

Die ersteren sind diejenigen, in welchen jeder Draht des Gerippes, seiner ganzen Länge nach, nur zur Entstehung einer einzigen Lamelle Anlafs giebt. Ich nenne sie vollkommene, weil alle Lamellen in ihrer ganzen Ausdehnung von einander abhängen, und weil diejenigen flüssigen Kanten, welche eins ihrer Enden auf dem Gerippe zu liegen haben, von den Scheiteln dieses letzteren selbst ausgehen. Abgerechnet einige seltene Ausnahmen, bilden sich diese Systeme in den Gerippen aller Polyëder, bei welchen alle Kantenwinkel geringer als 120° sind, z. B. in den Gerippen des Tetraëders, Octaëders, Würfels usw.

In gewissen Systemen giebt es Portion der Drähte des Gerippes, an welchen zugleich zwei Portionen von Lamellen entstehen. Diefs sind die Systeme der zweiten Klasse. Sie sind unvollkommen, weil die erwähnten Lamellenpor-

tionen durch den Draht, der sie trennt, unabhängig von einander gemacht sind. Dergleichen sind z. B. die Systeme derjenigen Prismen, deren Seitenflächen die Zahl sechs übersteigen.

Endlich erhält man mit anderen Gerippen niemals andere als ebene Lamellen, welche respective alle Seiten des Polyëders einnehmen bis auf eine. Das sind die Systeme der dritten Klasse. Ich nenne sie nullgleiche, weil alle Lamellen, aus denen sie bestehen, in der ganzen Ausdehnung ihrer Umrisse durch die Drähte des Gerippes unabhängig von einander gemacht sind. Ich sagte dafs eine der Seiten unausgefüllt bleibe. Es mufs nothwendig eine Oeffnung bleiben, damit Luft eintreten könne. Diese Null-Systeme bilden sich in den Gerippen aller der Polyëder, deren Kantenwinkel beträchtlich gröfser als 120° sind. Ein Beispiel davon ist das Gerippe des regelmäfsigen Icosaëders.

Ich schliefse diese Abhandlung mit der Anzeige, dafs ich in einer künftigen Reihe die Laminarsysteme der Gerippe unter einem anderen Gesichtspunkt betrachten werde; ich werde dann zeigen, dafs jedes dieser Systeme sich solchergestalt ausbildet, dafs die Summe der Flächen seiner Lamellen ein Minimum ist

XIII. *Die Gesammtvergröfserung des Mikroskops nach Nägeli und Schwendener; von Dr. Arndt in Spandau.*

In dem Werke »Das Mikroskop« haben Nägeli und Schwendener nach einer exacten Erörterung der Wirkung der einzelnen Gläser auf S. 30 u. f. die Gesammtvergröfserung für einen bestimmten Fall und für drei verschiedene Sehweiten berechnet. Ihre Annahmen sind: die Brennweiten des Objectivsystems $=2{,}2469^{mm}$, die Entfernung des zweiten Hauptpunktes von der Vorderfläche $=2{,}4011^{mm}$,

die Entfernung der äufsersten Glasflächen 200^{mm}, die Brennweiten des Collectivs und des Ocularglases 40 und 30^{mm}, die Dicken 3 und 2^{mm}, die Entfernung der inneren Hauptpunkte $= 45^{mm}$.

Folgendes ist die gefundene Tabelle, wo I die Sehweite, II die Entfernung des (gedachten) Bildes, III die Objectivvergröfserung, IV die Ocularvergröfserung, V die Gesammtvergröfserung angiebt:

I	II	III	IV	V
200	185,558	81,584	4,01	327,152
150	194,551	85,586	2,97	254,19
100	198,462	86,921	1,93	167,75

Ein Blick auf V zeigt, dafs der Unterschied bei 50^{mm} Sehweite einmal 72,962 und das andere Mal 86,44 beträgt. Diefs widerspricht in solchem Grade dem Gesetz, welches ich aus der in den Annalen mitgetheilten Formel abgeleitet habe, *wonach bei gleicher Zunahme der Sehweite auch die Gesammtvergröfserung um gleich viel zunehmen mufs*, dafs im Interesse der Sache eine Aufklärung nöthig erscheint.

Meine Formel kann nicht in Widerspruch gerathen mit der Nägeli'schen Rechnung. Denn aus

$$V = \frac{(E-b)(c-e)+e^2}{bc} + d\left[\frac{(E-b)(c-e)+e^2}{abc} + \frac{E-(b+c+e)}{bc}\right] \quad (1)$$

findet man leicht

$$V = E\left[\frac{ad+(a+d)(c-e)}{abc}\right] + \frac{(a+d)[e^2-b(c-e)]-ad(b+c+e)}{abc} \quad (2)$$

und, wenn man berücksichtigt, dafs die Ocularvergröfserung $(o) = \frac{ad+(a+d)(c-e)}{ac}$ ist

$$V = \frac{(E-b)o}{b} + \frac{(a-d)e^2-ad(c+e)}{abc} \quad (3).$$

Bezeichnet man nun noch die Entfernung des Bildes vom Ocularglase mit l und $\frac{(a+d)e^2-ad(c+e)}{ac}$ mit A, so erschliefst

man aus $l = \frac{ad(c+e) - e^2(a+d)}{ad + (a+d)(c-e)}$, dafs $l = -\frac{A}{o}$ und $A = -ol$ ist. Demzufolge ist

$$V = \frac{(E-b)o}{b} - \frac{lo}{b} = \frac{(E-l-b)o}{b} \quad . \quad . \quad (4).$$

Nach dieser Formel (4) ist die Vergrößerung berechnet, indem l für sich gefunden wird; Formel (4) aber ist mathematisch aus Formel (1) abgeleitet worden, ein Widerspruch demnach undenkbar.

Man konnte nun zweitens die Nichtübereinstimmung darin suchen, dafs in meiner Formel der Einfachheit wegen auf das Auseinanderfallen der Hauptpunkte keine Rücksicht genommen ist. Das ist ein Uebelstand, dem leicht abgeholfen werden kann. Rechnet man E vom zweiten Hauptpunkte des Objectivs bis zum zweiten Hauptpunkte des Ocularglases, von hier aus die Sehweite d, (abgesehen von der Entfernung des Knotenpunktes) und e vom zweiten Hauptpunkt des Collectivs bis zum ersten des Ocularglases, so ist deutlich, dafs nur noch l einer Correction bedarf, indem es, wenn m und n die Dicken der Gläser im Ocular bedeuten, um $\frac{1}{3}(m+n)$ gröfser ist. Das kommt aber auf dasselbe hinaus, als wenn man statt E ein neues E_1 einführt $= E - \frac{1}{3}(m+n)$. In der That kann auch das Auseinandertreten der Hauptpunkte nur bewirken, dafs eben so viel von der Entfernung E nutzlos bleibt. Führt man diefs E_1 in Formel (1) ein, so ergiebt sie die Gesammtvergröfserung auf das allergenaueste. Es wird

$V = 11{,}830077 + d(0{,}3943359 + 1{,}19444568)$
$= 11{,}830077 + d \,.\, 1{,}58878158.$

$d = 200$ giebt 329,586393,
$d = 150$ » 250,147314,
$d = 100$ » 170,708235;

Differenz für 50^{mm} Sehweite $= 79{,}439079$.

Da bei Nägeli der Ausgangspunkt der Sehweite in der oberen Glasfläche, mithin $\frac{1}{3}^{mm}$ höher liegt, oder was dasselbe heifst, die Sehweiten $\frac{1}{3}^{mm}$ kleiner sind, so ist überall in Abzug zu bringen: 2,118375 und es bleibt 1) 327,468018;

2) 248,028939; 3) 168,589860. In der That gab eine Nachrechnung, die natürlich über alles praktische Bedürfnifs hinaus genau seyn mufste, folgende Tabelle:

I	II	III	IV	V
200	185,55737751	81,58372758	$\frac{289}{72}$	327,468017 . 65
150	189,74843271	83,4489887	$\frac{107}{36}$	248,028938 . 6
100	198,46220935	87,327121523	$\frac{139}{72}$	168,589859 . 6

Die vorstehenden Rechnungen zeigen, einmal wie genau, das andere Mal, wie praktisch die Vergröfserungsformel ist, da sie ohne Weiteres für jede Sehweite und für jede Lage des Auges die richtige Zahl giebt.

XIV. *Erwiderung auf eine Notiz des Hrn. Emsmann; von Hrn. K. Akin in Pesth.*

Aus dem mir erst in jüngster Zeit zu Gesicht gekommenen 10. Hefte der *Annalen* von 1866 entnehme ich, dafs Hr. Emsmann, Professor in Stettin, des Glaubens ist, als hätte ich in meinen auf die Transmutation der Strahlen bezüglichen Publicationen *seiner* in keiner Weise gedacht. Hätte Hr. Emsmann jedoch, dessen Kenntnifs der genannten Publicationen sich auf eine kurze Erwähnung derselben in dem Will'schen *Jahresberichte über die Fortschritte der Chemie* (Jahrgang 1865) zu beschränken scheint, den *Report* der *British Association* für das Jahr 1863 nachgeschlagen, so würde er, auf S. 98, gefunden haben, dafs ich daselbst seine einschlägigen Aeufserungen des Ausführlicheren erörterte. Wenn Hr. Emsmann es jedoch ferner für eine »persönliche Pflicht« hält, »Prioritätsanrechte« auf die in Rede stehende Leistung sich »ausdrücklich zu wahren«, so bekundet das eine Aeufserung seiner Stellung zu der

Sache, der ich unmöglich durch Schweigen Vorschub leisten kann. Schon Hr. Stokes, wie allgemein bekannt, hatte sich gleich bei seiner Entdeckung der Fluorescenz, mit der Frage beschäftigt, ob es nicht, neben jenen normalen Fällen der Fluorescenz, in welchen bekanntlich eine Verminderung der Brechbarkeit in den transmutirten Strahlen, im Vergleiche zu den incidenten, zu Tage tritt, auch noch andere Fälle gebe, bei denen das entgegensetzte Resultat sich einstellt. Dieselbe Frage nach dem Vorhandenseyn von Phänomenen, in denen Strahlen auf solche Weise transmutirt werden, dafs im Acte der Transmutation eine Erhöhung ihrer Brechbarkeit bewirkt wird, stellte sich, nachdem Hr. Stokes von der Erfahrung eine negative Antwort auf dieselbe erhalten hatte[1]), auch Hr. Emsmann wiederholt, und zwar eine beträchtliche Anzahl Jahre später; und *er* glaubte das Vorhandenseyn von solchen Phänomenen aus folgenden Erscheinungen erschliefsen zu können. *Erstens*, erhitzt man scharlachrothes Quecksilberjodid-Pulver, so erhält man eine gelbe Flüssigkeit; Wolframsäure, phosphorsaures *Kobaltoxyd und salzsaures* verhalten sich ähnlich. Zweitens, aus den Farbenerscheinungen beim Anlassen des Stahles. Endlich *drittens*, »kann als eine Bestätigung gelten, dafs das eigentliche Glühen, wenn es lediglich und unmittelbar durch Temperaturerhöhung hervorgebracht wird, stets mit rother Färbung beginnt[2]).

Diese Anführungen des Hrn. Emsmann, durch welche derselbe jetzt wunderbarer Weise »den thatsächlichen Nachweis« des oben gedachten Phänomenes geführt haben will, beweisen im Gegentheile, einerseits ein gänzliches Verkennen der Natur jener Phänomene, wie der Fluorescenz und Transmution der Strahlen überhaupt, anderseits bekunden dieselben eine völlig irrige Auffassung des Wesens der angezogenen Erscheinungen. Den Nachweis dieser Behauptung, welcher den übrigen Lesern der *Annalen* noch be-

1) *Phil. Trans.* 1852, *p.* 499.
2) S. Ann. Bd. CXIV, S. 651.

sonders zu liefern mehr als überflüssig wäre, findet Hr. Emsmann in dem Eingangs erwähnten *Report* S. 99. Aus dem Umstande nun, dafs Hr. Emsmann, und nicht einmal als *Erster*, eine Frage aufgeworfen hat, zu deren Lösung er nicht nur Nichts beigetragen, sondern die er zu dem in einer Weise erörtert, welche ein gänzliches Misverstehen des Wesens der Frage offenbart, folgern zu wollen, dafs Hr. Emsmann irgend welche »Prioritätsansprüche« sey es der Fragestellung, sey es der Lösung derselben wegen besitze, ist ein Verfahren, das kein Billiger und logisch Denkender gutheifsen kann; auch ist es mir nicht möglich aus der von Hrn. Emsmann angezogenen Stelle im Will'schen *Jahresberichte*, die gleiche Schlufsfolgerung mit *ihm* zu machen; als ob nämlich der betreffende Referent factisch Hrn. Emsmann daselbst »Prioritätsansprüche« von irgend welcher Art oder Bedeutung zugesprochen hätte [1]).

Was den von Hrn. Emsmann vorgeschlagenen Ausdruck der *negativen Fluorescenz* betrifft, für den derselbe neuerdings in die Schranken tritt, so habe ich am betreffenden Orte schon hervorgehoben, wie Fluorescenz und Caloreseenz, obwohl unleugbar in ihrem Wesen verwandt, nichtsdestoweniger eher als gesonderte Species, denn als Varietäten von einander aufzufassen sind. Aus diesem Grunde, und zwar auf Anrathen eines der Secretäre der mathematisch-physikalischen Section der *British Association* vom

1) Der genannte Referent bemerkt dagegen an einer Stelle (S. 80): »J. Akin and J. Tyndall haben unabhängig von einander (denselben) Gedanken gefafst; die erste Veröffentlichung scheint von Akin herzurühren«. Nun ist die erste Veröffentlichung meinerseits eine von Hrn. Tyndall selbst ausdrücklich zugegebene, weil eben unbestrittene Thatsache; Schein dagegen, und zwar trügerischer Schein, ist das behauptete Zusammentreffen des Hrn. Tyndall mit mir in demselben Gedanken; doch handelte es sich in dem zwischen mir und Hrn. Tyndall ausgebrochenen Streit keineswegs, wie Referent angiebt, um irgend welche »Priorität«, vielmehr blofs von dem Bruch eines Uebereinkommens, gefolgt von unbefugtem Eingriff in fremdes geistiges Eigenthum.

Jahre 1863, habe ich denn auch für die in Rede stehende Erscheinung die neue Bezeichnung: *Calcescens* vorgeschlagen, die nach Analogie des Wortes *Fluorescens* gebildet ist, und darum auch die Verwandtschaft der beiderlei Phänomene zur Genüge hervortreten läfst. Kaum brauche ich bei dieser Gelegenheit noch hervorzuheben, dafs der von anderer Seite herstammende Parallel-Ausdruck der *Calorescens*, wie er sprachlich einen Barbarismus bildet und obwohl mit *Fluorescens gleichklingend*, nichtsdestoweniger etymologisch von jenem Worte antilog geformt ist, so auch anderseits nur als ein usurpatorischer Name für ein geistiges Plagiat sich vordrängt.

December 24, 1866.

XV. *Notiz über die kosmische Theorie der Feuermeteore; von Georg von Boguslawski in Stettin.*

Die kosmische Theorie der Sternschnuppen hat bekanntlich erst durch Chladni's muthige und geistvolle Forschungen ihre wahre Geltung erlangt. Denn es gehört in der That ein frischer Muth dazu sich wegen einer unumstöfslichen Wahrheit, welche aber zur Zeit noch nicht als solche erkannt ist, von den Zeitgenossen und den gröfsten Gelehrten verlacht und verspottet zu sehen, ja sogar von einigen Fanatikern als ein Ketzer und Unwissender ausgeschrien zu werden. Und dieſs Schicksal hat Chladni erfahren: man vergleiche hierüber die von Chladni selbst mitgetheilten Urtheile mitlebender, gröfser Gelehrten über seine Ansicht des kosmischen Ursprunges der Sternschnuppen und Feuerkugeln (Chladni, Feuermeteore S. 3 bis 14).

Aber wenn auch Chladni in der That zuerst von allen Gelehrten diesen *kosmischen Ursprung* der Feuermeteore mit Gewifsheit *erwiesen* hat, so ist er doch nicht

der *Erste* gewesen, welcher diese Ansicht gehegt oder auch *ausgesprochen* hat.

Schon im Alterthum finden wir einzelne Andeutungen der jetzt allgemein angenommenen Hypothese von der kosmischen Natur der Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteoriten. So hielten die Epikuräer dieselben für wirkliche Sterne und als ein Vorzeichen, dafs die alt gewordene Welt bald ganz zusammenstürzen werde: so sagt der Dichter Lucretius: »*Non cadere in terram stellas et sidera cernis?*«. So meinte Diogenes, dafs es neben den sichtbaren Sternen auch viele unsichtbare gebe, die bisweilen auf die Erde herabfielen und dort verlöschten, eine Ansicht, welche der von Chladni am nächsten kommt. Chladni hat diese kosmische Hypothese der Feuermeteore zuerst in der 1794 erschienenen Abhandlung: »Ueber den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse, und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen« und später (1819) in seiner klassischen und Epoche machenden Schrift: »Ueber Feuermeteore« näher begründet und entwickelt.

Bei meinen Studien zu der Geschichte der Theorien über die Feuermeteore bin ich zu einigen, meines Wissens bis jetzt noch zu wenig beobachteten oder nicht bekannt gewordenen Aussprüchen von Gelehrten *vor* Chladni gelangt, welche den kosmischen Ursprung der Feuermeteore ebenfalls theils ahnen lassen, theils offen und klar darlegen. So äufsert sich schon Bode in der *vierten* Auflage seiner »Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels« 1778 über die Feuermeteore in folgender Weise: »Diese Feuerkugeln sind um so merkwürdiger, da sie nach allen Beobachtungen eine ansehnliche Höhe in der oberen Luft und oft einige tausend Fufs im Durchschnitt haben müssen. Ihre Geschwindigkeit übertrifft auch vielmal den Flug einer Kanonenkugel. Daher haben die Naturforscher die Meinung aufgegeben, selbige noch von den Dünsten unserer Atmosphäre herzuleiten, und *halten sie (wie schon ehedem Halley) für gewisse Theile, die sich durch die allgemeine*

Anziehungskraft im Weltraume zuweilen hier und da zusammenballen, und welchen die Erde in ihrem Laufe begegnet. Andere glauben ihren Ursprung aus entzündeten gröberen Theilen der Zodiacalmaterie erklären zu können.« Schroeter beschrieb in Bode's astronomischem Jahrbuch für 1799, S. 153 die Beobachtung einer merkwürdigen, sehr entfernten Lichterscheinung im Schlangenträger am 28. Juni 1795, welche nach Schroeter gewifs eine kosmische Erscheinung war und eine Entfernung von einigen tausend Meilen hatte. Er sagt daselbst S. 156: »dafs die gröfsten Lichterscheinungen solcher Art, welche von mehreren zugleich beobachtet werden, schon in einer beträchtlichen Entfernung von uns vor sich gegangen und im wahren Durchmesser zum Theil einige tausend Fufs grofs gewesen seyn müssen, hat jetzt keinen Zweifel nach dem, was über die 1762 Juli 23, 1771 Juli 17 und andern erschienenen Feuerkugeln gesagt ist[1])«. »Und ebenso gewifs ist es auch«, so fährt Schröter a. a. O. weiter fort, dafs die hellsten Lichterscheinungen solcher Art, welche mehre Bogenminuten im Durchmesser grofs gesehen worden sind, und sich in einer Zeitsecunde lichtvoll durch mehrere Grade des Himmels fortbewegen, die nächsten seyn müssen, dafs man aber auch in beträchtlicher Höhe über dem Horizont ebenso gut kleinere von mattem Lichte wahrnimmt, welche im Verhältnisse einen kleinen Bogen langsamer in gleicher Zeit durchstreichen und matt dem unbewaffneten Auge erscheinen, mithin auch wahrscheinlich verhältnifsmäfsig ungleich weiter von der Erdoberfläche entfernt seyn dürften, dafs aber hier, wo die Kraft des unbewaffneten Auges aufhört, die Teleskope zuweilen noch viel kleinere, und wahrscheinlich auch viel entferntere darstellen.«

So sagt endlich v. Zach in seiner *Monatlichen Correspondenz* Bd. III, Juni 1801, S. 617 in einem Aufsatze: Ueber den neuen Hauptplaneten: »Was sind denn unsere grofsen Feuer- und Glanzkugeln, die mit einer Geschwindigkeit, welche viele hundertmal den Flug einer Kanonenkugel

1) Chladni, Feuermeteore, S. 122 und 125.

übertrifft, vorüberziehen, leuchten, zerplatzen und verschwinden? Es scheint ausgemacht zu seyn, dafs es *Körper des Weltraums*, nicht unseres Dünstkreises sind. Diefs glaubte schon Montanari (Prof. der Mathematik zu Bologna) 1676, der in seiner Schrift: »*La Fiamma volante, gran Meteora veduta sopra l'Italia la sera de* 31. *Marzo* 1676, *speculazioni fisiche et astronomiche espresse dal Dott. Geminiano Montanari in una lettera all Ill. Ecc. Sgr. Marchese Federico Gonzaga, Bologna* 1676, 95, S. 4 die Höhe dieser Feuerkugel zu 46 italienischen Meilen berechnet. Hieraus leitete er den kosmischen Ursprung derselben ab. Hier steht mir leider dieses seltene Werk nicht zu Gebote; es befindet sich in der Göttinger Bibliothek und dürfte wahrscheinlich die meisten wissenschaftlichen Darlegungen des kosmischen Ursprunges der Feuermeteore enthalten.

XVI. *Nachtrag zu meinem Aufsatz über die höhere Ladung isolirender Flächen durch Seiten-Anziehung; von W. Holtz.*

Nach bereits erfolgter Eingabe der vorstehenden Mittheilung stellten sich an dem obigen Apparate noch verschiedene Eigenthümlichkeiten heraus, die ich mit Erlaubnifs des Hrn. Prof. Poggendorff hier nachträglich erwähne.

Ich habe darauf aufmerksam gemacht, dafs die Fortnahme des Conductors *d* in der dritten Form des Apparates zwar nicht die Elektricitätserregung stört, aber die Arbeit vermehrt, ohne die Wirkung im Schliefsungsbogen zu vergröfsern. Es hat sich gezeigt, dafs diese Wirkung bei andauernder Thätigkeit unter gewissen Umständen sogar vollständig verschwinden kann. Dieser Fall mag zum Theil von der Isolationsfähigkeit des Glases bedingt seyn, er pflegt aber einzutreten, wenn man, ohne Anwendung

eines Condensators, die Elektroden langsam bis zum Verschwinden des Funkenstroms von einander entfernt. Der letztere kehrt nun auch bei Annäherung der Elektroden nicht wieder, die Elektricitätsentwickelung aber nimmt ihren Fortgang, selbst wenn man jede Verbindung zwischen den vier Conductoren unterbricht. Dieser Vorgang wäre schwer zu erklären, wenn nicht eine Ausgleichung der Elektricitäten innerhalb der Conductoren selbst erfolgen könnte, und dafs dieſs der Fall, kann mit Sicherheit aus den Lichterscheinungen geschlossen werden. Man sieht nämlich an jedem Conductor nicht einen, sondern zwei verschiedene Büschel auftreten, den einen mehr nach der Mitte, den andern mehr nach der Peripherie der Scheiben hin, so dafs diese also nicht nur in den einzelnen Quadranten, sondern auch in zwei verschiedenen Zonen verschieden elektrisirt sind. Eine solche Stromverzweigung tritt nun nie bei Anwendung des fünften Conductors ein, und darin scheint im Wesentlichen der Nutzen desselben zu bestehn. Auch bei einer andern Influenzmaschine kann, so lange die Belegungen aus einem Stück bestehen, ein solcher Vorgang natürlich nicht statt haben. Wollte man denselben hervorrufen, so müfste man jede Belegung in zwei von einander isolirte Theile trennen und jeden Theil mit einer besonderen Spitze versehn. Wenn sich auf diesen Theilen alsdann ein entgegengesetzt elektrischer Zustand etablirte, so würde die Ausgleichung ebenfalls innerhalb der Conductoren selbst und nicht im Schliefsungsbogen erfolgen müssen.

Auf dieselbe Form des Apparats bezieht sich noch eine andere Erscheinung, in welcher die Richtung des Stroms gleichzeitig eine eigenthümliche Rolle spielt. Der Conductor *d* bringt nicht nur in der Form, sondern auch in den Wirkungen eine gewisse Ungleichmäfsigkeit hervor. Bei geöffnetem Schliefsungsbogen nämlich herrscht stets an dem einen Pole eine höhere Dichtigkeit, als an dem andern, und zwar eine höhere an demjenigen, welcher mit *d* nicht in Verbindung steht. Dieſs zeigt sich sehr deutlich,

wenn man unter Benutzung spitzer Elektroden in die Nähe der Conductoren *a* und *b* ein elektrisches Pendel bringt; dasselbe wird bei *a* viel stärker angezogen, als bei *b*. Auffallend ist es nun, dafs man fast die doppelte Funkenlänge erhält, sobald sich die höhere Dichtigkeit am positiven Pole befindet, gleichviel, ob man mit gröfseren oder kleineren Elektroden, wenn dieselben nur gleich sind, und ob mit oder ohne Leidner Flaschen experimentirt. Man mufs daher den Erreger nicht *a*, sondern *b* gegenüberbringen, wenn man ohne Condensator die gröfseste Schlagweite erhalten will; mit einem solchen schlägt der Strom von selbst in die geeignetere Richtung um. Will man die Schlagweite unabhängig von der Stromesrichtung machen, so mufs man dem Conductor *e* einen sechsten Conductor gegenüberstellen, doch wird die Schlagweite hierdurch kleiner, weil nun an beiden Polen dieselbe Dichtigkeit herrscht. Auch durch Ableitung des einen oder des andern Pols kann immer nur eine kleinere Schlagweite erhalten werden.

Eine dritte Eigenthümlichkeit des Apparats stellte sich heraus, wie ich die Pole desselben mit den Polen einer andern Influenzmaschine verband. Wurde die letztere bewegt, so begannen beide Scheiben, nachdem sie von der Schnur befreit waren, im entgegengesetzten Sinne zu rotiren. Die untere kam indessen bald zur Ruhe, während sich nun die obere mit doppelter Geschwindigkeit bewegte. Wurde diese fest gehalten, so begann wieder die untere sehr schnell zu rotiren. Die Kraft, mit welcher diese Bewegung erfolgte, wuchs mit der quantitativen Leistung der andern Maschine, also gleichzeitig mit der Kraft, welche die Bewegung dieser Maschine erforderte. Ein Vergleich der beiden Kräfte aber zeigte grofse elektrische Verluste an. Wirkte der obige Apparat elektromotorisch, während die Scheibe der andern Maschine von der Schnur gelöst war, so setzte auch diese, wenn man sie rückwärts in Bewegung brachte, allein ihre Rotation fort. Aber hier stellte sich das Verhältnifs der beiden Kräfte noch ungünstiger heraus.

Man kann daher wohl annehmen, dafs jeder Apparat, welcher durch Influenz und mechanische Bewegung eine elektrische Arbeit verrichtet, auch umgekehrt durch Influenz und elektrische Bewegung eine mechanische Arbeit verrichten kann, dafs sich die Construction aber dem jedesmaligen Zwecke mehr oder weniger anpassen mufs. Die beiden Apparate, welche ich mit einander verband, waren wohl gute Elektrisirmaschinen, aber schlechte Kraftmaschinen; und hierauf mochte besonders der grofse Verlust an Kraft oder Elektricität zurückzuführen seyn.

XVII. *Ueber die Anwendung des Rheometers mit zwei Drähten bei Versuchen über strahlende Wärme; von Hrn. P. Desains.*

(*Compt rend. T. LXIII, p. 678.*)

Die Wärmequellen, welche man für gewöhnlich beim Studium der Wärmestrahlung anwendet, sind niemals in aller Strenge constant. Daraus folgt, dafs man besondere Vorsichtmaafsregeln treffen mufs, wenn man schwache Wirkungen, welche eine wenig kräftige Ursache auf die aus diesen Quellen herstammenden Strahlen ausübt, in sicherer Weise darthun will. Am häufigsten beseitigt man die Schwierigkeit, indem man Paare von gekreuzten, d. h. abwechselnd an dem directen und dem modificirten Bündel angestellten Beobachtungen oftmals wiederholt. Um diese oft schädlichen Langweiligkeiten zu vermeiden, haben De la Provostaye und ich ein ganz anderes Verfahren angewandt, welches den Einfluſs der Veränderungen der Quelle direct zu beobachten erlaubt. Allein dieses Verfahren [1]) setzt gleichzeitige Ablesungen voraus und nimmt also zwei Beobachter in Anspruch und eignet sich überdiefs nur schwierig für Vorlesungen. Dagegen habe ich mich über-

1) *Compt. rend. T. XXXVIII, p. 440.*

dengt, dafs man bei den Beobachtungen und den zartesten thermoskopischen Anzeigen rasch eine grofse Sicherheit erlangen kann, wenn man eine Art Differential-Apparat anwendet, wesentlich bestehend aus einer einzigen Wärmequelle, aus zwei Säulen, einem Rheometer mit zwei Drähten und einem Rheostat.

Jede Säule steht mit einem der Rheometerdrähte in Verbindung und der Rheostat ist in eine der Ketten eingeschaltet. Mittelst dieser Vorrichtung kann man die Wirkungen zweier Ströme auf die Nadel gleich machen und folglich, wenn sie entgegengesetzter Richtung sind, die Nadel auf Null halten.

Ist einmal das Gleichgewicht erreicht, so hält es sich ungeachtet der Veränderungen der Wärmequelle unendlich; allein wenn man durch eine, auch noch so kleine Ursache eine Aenderung in der Intensität einer der beiden Strahlungen hervorbringt, verläfst die Nadel den Nullpunkt und begiebt sich in eine andere Stellung. Es ist gut, dafs beide Säulen von gleicher Construction seyen, damit sie der Wirkung der Wärme mit gleicher Schnelligkeit gehorchen. Die Differential-Anzeige ist übrigens im Allgemeinen desto gröfser, je stärker jeder der Ströme ist, die den Apparat durchlaufen.

Das erste Phänomen, welches ich nach der eben beschriebenen Methode studirte, war die Absorption der Wärme durch transparente Gase. Um die so interessanten Resultate, welche Hr. Magnus und Hr. Tyndall über diesen Gegenstand erhalten haben, leicht und sicher darzustellen, verfuhr ich folgendermaafsen.

Die Wärmequelle ist eine Lampe. Die Säulen stehen ungefähr $1^m,80$ von der Flamme; ihre Axen sind auf den Mittelpunkt dieser gerichtet und sie machen aufserdem einen etwas beträchtlichen Winkel mit einander. Zwischen der Flamme und jeder Säule ist ein grofses Rohr von 1 Meter Länge und etwa $0^m,1$ Durchmesser aufgestellt, in welchem man entweder ein Vacuum herstellen oder ein Gas auf 2 bis 3 Atmosphären comprimiren kann. Jedes Rohr

ist an beiden Enden durch dicke, recht klare Glasplatten verschlossen und seine Axe liegt in der Verlängerung der der entsprechenden Säule.

Nach dieser Vorkehrung macht man eins der Rohre luftleer und füllt das andere mit recht trocknem Leuchtgas, läfst die Lampe wirken und führt mittelst des Rheostats die Nadel auf Null. Ist das Gleichgewicht hergestellt, verdeckt man die Lampe durch einen halbcylindrischen Schirm. Man evacuirt das zuvor gefüllte Rohr, füllt das andere mit Gas und zieht den Schirm fort, worauf die Nadel sich in Bewegung setzt. Die Ablenkung steigt leicht auf mehrere Grade und kann durch Projection sehr sichtbar gemacht werden.

Das Differential-Verfahren findet auch seine Anwendung auf das Studium der Drehungen, welche die Polarisationsebene eines Wärmestrahls durch Wirkung einer selbst wenig kräftigen Substanz erleidet. Man halbirt den polarisirten Strahl durch einen Kalkspath, dessen Hauptschnitt 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht. Die beiden Bilder sind dann von gleicher Intensität; das eine fällt auf die erste Säule des Apparats, das andere auf die zweite; man führt die Nadel auf Null. Wenn man nun die ursprüngliche Polarisationsebene um eine sehr kleine Zahl von Graden ablenkt, z. B. α, so stellt sich zwischen den beiden ursprünglich gleichen Bildern J ein Unterschied ein dessen Maafs ist:

$$J[\sin^2(45+\alpha) - \cos^2(45+\alpha)]$$
$$= J4\sin^2 45 \sin\alpha\cos\alpha = J\sin 2\alpha.$$

Die entsprechende Ablenkung wird noch sehr merklich seyn können, während, selbst mit einem sehr empfindlichen Galvanometer, der durch das Wieder-Erscheinen des ausgelöschten Bildes erzeugte Effect nur zu einem viel schwächern Resultat geführt haben würde.

Fügen wir hinzu, dafs wenn man mittelst einer compensirenden Platte oder Röhre, deren Wirkung sich leicht veranschlagen läfst, die Differential-Ablenkung, deren relativen Werth wir eben berechnet haben, verschwinden

macht, man dadurch selbst den Werth der ursprünglich erzeugten Drehung bekommt.

Ich erlaube mir noch, der Akademie die Versuche mitzutheilen, die ich angestellt, um einen schönen, von Biot erdachten optischen Versuch in den Bereich der strahlenden Wärme überzuführen.

Wenn ein geradlinig polarisirter Lichtstrahl, in welchem die Schwingungen z. B. vertical geschehen, eine nicht gehärtete und zweckmäfsig geneigte Glasplatte, winkelrecht gegen eine ihrer breiten Seiten durchdringt, so erfolgt nichts Besonderes. Wird der Strahl, nach dem Austritt aus der Platte, durch einen Kalkspath geleitet, dessen Hauptschnitt parallel der ursprünglichen Polarisationsebene ist, so bricht er sich insgesammt ordentlich, indem das aufserordentliche Bild Null ist. Läfst man aber den Glasstreifen longitudinal schwingen, und nimmt der Strahl seinen Durchgang in der Nähe eines Knotens, so kommt das aufserordentliche Bild während der Dauer der Schwingungsbewegung wieder zum Vorschein. Ich habe mich überzeugt, dafs unter diesen Umständen die Wärmewirkung des wiedererscheinenden Bildes ebenfalls merkbar seyn kann.

Der Versuch macht sich sehr gut in Sonnenlicht, auch vor der elektrischen Lampe und selbst mit der Strahlung glühender Kreide. Allein sehr bequem läfst er sich anstellen, wenn man ähnlich wie vorhin angezeigt verfährt, d. h. wenn man die schwingende Platte anwendet nicht um die Wirkung eines ursprünglich ausgelöschten Strahls wieder herzustellen, sondern um einen Intensitäts-Unterschied hervorzurufen zwischen zwei Strahlungen, deren Wirkungen auf den Differential-Apparat anfangs zur Gleichheit gebracht worden waren.

XVIII. *Notizen.*

1. *Farben-Auslöschung durch künstliche Lichter.* — Die bekannte Erfahrung, dafs gewisse Farbenpigmente bei Kerzen- oder Lampenlicht ganz anders aussehen wie bei Sonnen- oder Magnesiumlicht, hat Hrn. Nicklés veranlafst, eine Art von Spectrum zu malen, welches diesen Contrast in auffallender Weise zeigt. Die Farben und die Pigmente dieses Spectrums sind folgende

Pigmente	Farbe bei Tage und im Magnesiumlicht	Farbe beim Licht der Flamme des gesetz. Alkohols
Ocker	Roth	Schwarz
Quecksilberjodid	Orange	Weifs
Chromsaures Blei	Gelb	
Mangansaurer Baryt	Grün	Schwarz
Anilinweifs	Blau	

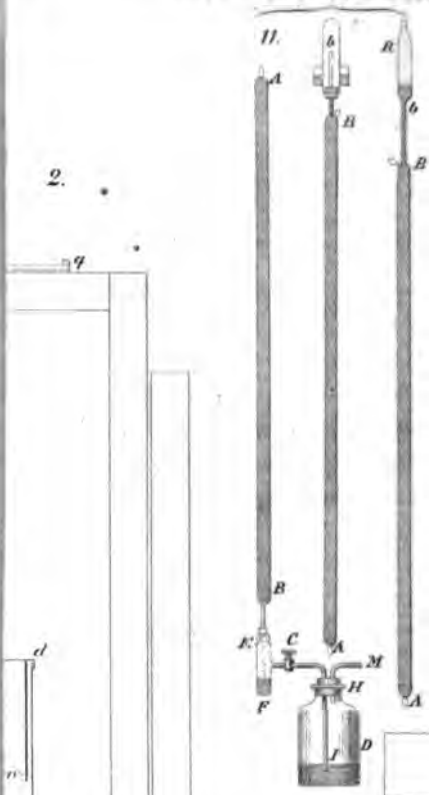
Statt der Weingeistflamme ist noch besser ein Bunsen'scher Brenner, mittelst dessen ein mit Chlornatrium beladener Platindraht zum Glühen gebracht wird (*Compt. rend. T. LXII, p.* 91).

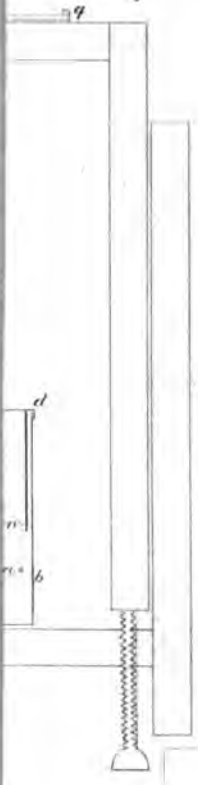
2. Elektrische Leitungsfähigkeit des *Untersalpetersauren Gases.* — Hr. O. Hempel (*Constructeur de machines électriques d'un nouveau modèle et d'une grande puissance*) hat gefunden, dafs wenn er ein Gefäfs, worin Salpetersäure und Kupferspäne enthalten sind, unter den Raum stellt, den die Funken seiner Maschine durchschlagen, die Funken augenblicklich verschwinden und die Maschine ihre ganze Spannung verliert, dafs aber die Wirkung sogleich wieder erscheint, sowie der rothe Nebel sich zerstreut und andrerseits die Luft trocken genug ist, um die Bildung von Salpetersäure zu verhüten. (Ib. ib. p. 58).

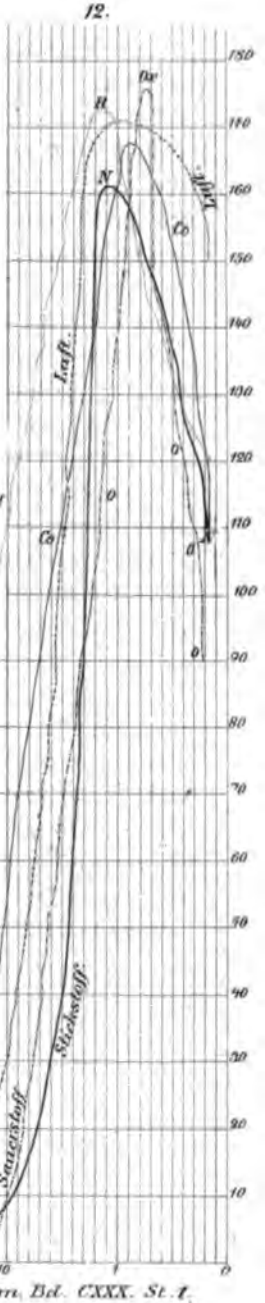
3. *Metallthermometer.* — Hr. W. Schmidt, (Uhrgehäusenmacher in Berlin, Kurstrafse 18) verfertigt Metallthermometer, die sich durch Sauberkeit der Arbeit und Wohlfeilheit vortheilhaft auszeichnen. Sie haben die Gestalt und Gröfse einer Damentaschenuhr und schliefsen eine aus Platin und Stahl zusammengesetzte Spiralfeder ein. Mit Zeiger kosten sie 6, ohne denselben 5 Thaler.

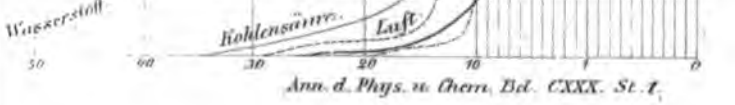
4. *Sprachliche Bemerkung.* — Bekanntlich haben die Franzosen (und ebenso die Holländer) kein *ü*, und brauchen es auch nicht, da sie das *u* schon wie *ü* aussprechen. Der Sitte gemäfs, alles Fremdartige aus ihrer Sprache zu entfernen, verwandeln sie denn auch ohne weiteres bei deutschen Eigennamen das *ü* in *u*. Kommen nun dergleichen Namen wieder nach Deutschland zurück, so behalten sie die französische Orthographie, werden aber nach deutscher Weise ausgesprochen. Durch diesen Mifsverstand ist bei uns eine ganze Anzahl von Männern zu Namen gelangt, die sie in der That gar nicht führen, wie z. B. Würtz, Kuhlmann, Ruhmkorff (und in älterer Zeit Bruning's), die Würtz, Kühlmann, Rühmkorff heifsen und in Frankreich auch so genannt werden. Es ist also wohl zweckmäfsig ihnen im Deutschen das *ü* zu restituiren. Ob man berechtigt wäre, holländischen Namen das *ü* zu octroyiren z. B. Mülder statt Mulder zu schreiben, mag dahingestellt bleiben, obwohl es bei Städtenamen (Zütphen statt Zutphen) längst üblich ist. P.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

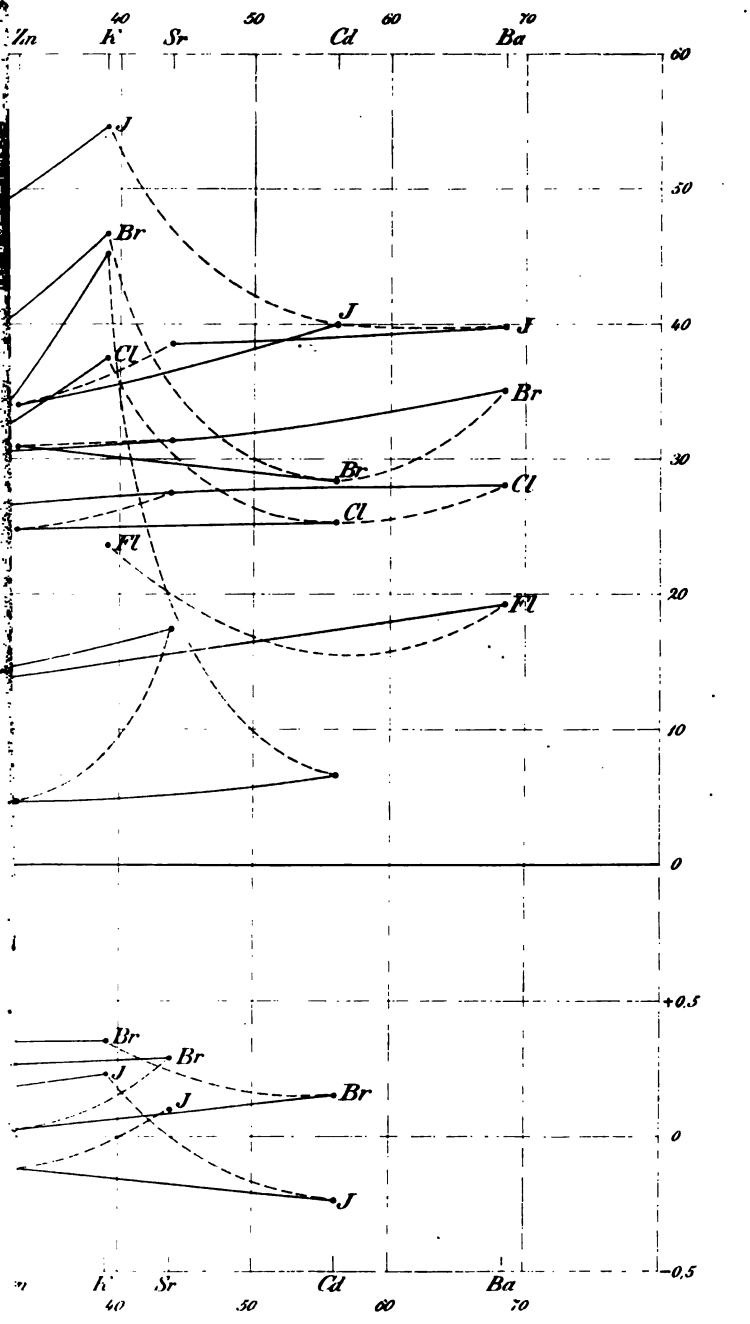

11.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
M


2.
g
d
b


12.
Luft.
Co
Stickstoff.
Sauerstoff.
H
N
R
O
A
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0


Wasserstoff
Kohlensäure.
Luft.
Sauerstoff.
Stickstoff.
50
60
30
20
10
0

Taf. III.



Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 130. St. 1.

1867. ANNALEN No. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXXX.

I. *Ueber die Schallinterferenz einer Stimmgabel; von H. Kiefsling.*

Es ist eine sehr bekannte Erscheinung, dafs eine tönende Stimmgabel, die in gehöriger Entfernung vor dem Ohr um ihre Längsaxe gedreht wird, in vier verschiedenen Lagen eine Interferenz des Tones zeigt. Ueber die Erklärung dieser Erscheinung scheinen aber noch Zweifel zu obwalten; wenigstens legt Wüllner, der dieselbe in seiner Experimentalphysik Bd. I, S. 591 [1]), mit Bezugnahme auf die von W. Weber [2]) über diesen Gegenstand angestellten Untersuchung ausführlich bespricht, Voraussetzungen zu Grunde, die auf mangelhaften Beobachtungen von Chladni beruhen.

Es ist vielleicht nicht ohne Interesse die Geschichte unserer Erscheinung, die zugleich die Geschichte einer gewissen Klasse von Interferenzerscheinungen überhaupt ist, zuvörderst kennen zu lernen.

Der Erste, der auf sie aufmerksam gemacht hat, scheint Thomas Young zu seyn, in der berühmten Arbeit, in welcher er auch die Entdeckung der Interferenz des Lichtes mittheilt. *Philosophical Transactions. On the theory of light and colours. Read before the Royal Society Nov.* 12 1801. Nämlich in der Erklärung des zweiten Grundsatzes: *And the different intensity of different parts of the same circular undulation may be observed by holding a commun tuning fork at arm's length, while sounding and turning it*

1) S. auch Biot Exp. phys. übers. v. Fechner, Bd. II, S. 66 bis 70, und Gehler, WWörterbuch Bd. VIII, S. 447 bis 451 und Bd. V, S. 773 bis 779.

2) Schweigger's Journal Bd. XLVIII, S. 385.

from a plane directed to the ear, into a position perpendicular to that plane[1]). Diefs ist das Einzige, was er darüber bemerkt. Eine Erklärung wird nicht gegeben und überhaupt ist auch aus dem Zusammenhang eine klare Vorstellung von der Schallverbreitung, von der mehrmals die Rede ist, nicht zu entnehmen[2]).

Bald darauf (1804), jedoch ohne von dieser Bemerkung des berühmten englischen Physikers Kenntnifs zu haben, wurde dasselbe Phänomen von Vieth in Dessau wahrgenommen und mitgetheilt[3]). Bei Versuchen über das Nachklingen angeschlagener Körper, wozu er Rectangelscheiben von Glas und Metall, Stimmgabeln, gabelförmig gebogene Glasröhren und Glas- und Metallstreifen anwandte, bemerkte er überall unter gewissen Verhältnissen das völlige Verschwinden des Tones — »was anzuzeigen scheint, dafs es vor dem Ohr eine Stelle giebt, wo ein leiser Klang nicht empfunden wird, ungeachtet derselbe Klang in derselben Entfernung aufserhalb dieser Gegend vollkommen hörbar ist; ungefähr so, wie nach dem bekannten Mariotte'schen Versuche auf der Netzhaut des Auges die Stelle, wo der Sehnerv eintritt, nicht empfindet« (!)

Hällström (1805) hat diese Versuche weiter fortgesetzt[4]). Er untersuchte vorzugsweise Scheiben und fand ganz richtig, dafs das Verschwinden des Tones nur davon abhängt, ob die verlängerte Ebene der Scheibe die Oeffnung des Ohres trifft, oder ob sie aufserhalb derselben das Ohr schneidet; »diese Erscheinung ist deshalb nicht in einer unbekannten Einrichtung des Ohres zu suchen, vermöge der es in einer gewissen Stelle nicht vom Schalle afficirt wird,

1) S. auch *Phil. lectures T. II, p.* 620.

2) Die Stelle findet sich am Schlufs der Auseinandersetzung von folgendem Theorem: *Proposition II: An undulation, conceived to originate from the vibration of a single particle, must expand trough a homogeneous medium in a spherical form, but with different quantities of motion in different parts.*

3) S. Gilbert's Ann. Bd. XVII, S. 117 bis 121.

4) S. Hällström, *Explicatio phaenomenis acustici a cel. Vieth nuper descripti, Praeside G. Hallström Resp. Inberg Aboae* 1805. Auszug daraus in Gilbert's Annalen Bd. XXV, S. 90 bis 98.

sondern beruht auf der eigenthümlichen Bewegungsart der Luft, durch die der Klang dem Ohre zugeführt wird.« Er constatirt nur das Gesetz der ungleichen Intensität der von einem tönenden Körper nach allen Richtungen ausgehenden Schallwellen, ohne dasselbe durch bestimmtere Anschauungen zu begründen. Bei diesen Versuchen beobachtete er auch die Verbreitung der beim Eintauchen eines tönenden Stabes in Wasser erregten Wellen-Erscheinungen, welche wiederholt das Interesse einzelner Physiker auf sich gezogen haben [1]).

Demnächst wurden auch die den Knotenlinien tönender Scheiben entsprechenden, also zur Schwingungsrichtung parallel liegenden, Interferenzflächen von Purkinje beobachtet [2]). Von einem, am 13. April 1825 in der naturhistorischen Section der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur über die Fortpflanzung der Klangfiguren in der Luft, gehaltenen Vortrage, theilt Kastner im 5. Bande seines Archivs einen kurzen Auszug mit. Nachdem Purkinje sich vergeblich bemüht hatte, in Dampf, Rauch oder Staub, die Klangwellen zu fixiren, war er im höchsten Grade überrascht, als er beim Vorbeistreichen des Ohres nahe über der Oberfläche einer klingenden Scheibe mehrere Intermissionen in verschiedenen Richtungen bemerkte. Als er diese in Bezug auf die Stellen der Scheibe unter einander combinirte und mit den durch Sand dargestellten Klangfiguren verglich, fand er sie diesen vollkommen entsprechend. Er bediente sich eines langen, aus Draht und Rofshaaren verfertigten, elastischen Pfeifenrohres, dessen eines Ende in den äufseren Gehörgang des Ohres (während das andere vollkommen verstopft wurde) gesteckt und so gebogen wurde, dafs die andere weitere

1) Sömmring und Chladni, Kastner Archiv 1826, Bd. VIII. — Faraday, Pogg. Ann. Bd. 26. — Melde, Pogg. Ann. Bd. 109. — Auch auf einer über einen Rahmen straff gespannten Membran hat später W. Weber die Interferenz sichtbar dargestellt, s. Schweigger's Journal, Bd. L, S. 247.

2) Es ist dieſs dieselbe Erscheinung die Hopkins objectiv dargestellt hat. *Transact. Cambr. Phil. Soc. T. III.* — Pogg. Ann. Bd. 44, S. 246.

Mündung desselben, senkrecht über der klingenden Scheibe hin und her geführt werden konnte. Eine genügende Erklärung der Erscheinungen hat er nicht gegeben. »Die Intermission« — meint er — »oder was eins ist, die Klangfigur, pflanzt sich also auf eine Strecke ringsherum in der Luft fort, bis sie durch die sich verbreitende Oscillation der Luft, wie der Kernschatten durch den Halbschatten, allmählich verwischt wird. Ebenso erscheint ringsherum am Rande die Intermission, weil die Scheibe nach dieser Richtung nicht oscillirt«. Der Bericht schliefst dann mit der Bemerkung: »Diese Versuche lehren zwar Nichts, was sich nach einer ausgeführteren Anschauung der Sache nicht auch von selber verstände, indem die klingende Scheibe als ein System von mehreren klingenden Körpern zu betrachten ist, die durch nicht klingende Räume, von beliebig zu denkender Gröfse, von einander geschieden sind; daher denn auch der Klang in der Nähe der ruhenden Stellen auch gedämpft und intermittirend erscheinen mufs; aber bei dem Allen ist dieses Experiment nicht nur ein Beweis dafür, sondern es wird gewifs jedem Physiker, der sich mit ihm beschäftigen will, ein überraschendes Vergnügen gewähren.« Es ist übrigens diese von Purkinje zuerst bemerkte Schallinterferenz wesentlich verschieden von der, welche Vieth und Hällström beobachtet haben, indem hier die Interferenzfläche (im Allg. eine Cylinderfläche) zur Schwingungsrichtung parallel ist; sie zeigt sich *nur* an den Knotenstellen eines in Schwingungen versetzten Körpers und rührt davon her, dafs zu beiden Seiten jeder solchen Stelle fortgesetzt gleichzeitig Wellen entgegengesetzter Natur erregt werden.

Ohne von den früheren Beobachtungen Kenntnifs zu haben, entdeckten die Gebrüder Weber bei ihren akustischen Untersuchungen gleichfalls die Interferenz des Tones einer Stimmgabel [1]). Sie haben die Erscheinung sehr genau untersucht und zwar nicht nur die Lage der Richtungen, in denen der Ton verschwindet, sondern auch de-

1) S. Wellenlehre (1825) S. 271 bis 274 und Schweigger's Journal Bd. XLVI, S. 108 bis 112.

ren Abhängigkeit von der Breite und Dicke der Zinken. Ihre Beobachtungsmethode war äufserst einfach [1]). Sie befestigten einen Pappcylinder von 1 Fufs 3 Zoll Länge und $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, der an seinen Enden senkrecht abgeschnitten war, horizontal; an den Stiel der zu den Versuchen angewandten Stimmgabel befestigten sie eine Nadel. Einer von ihnen hielt die angeschlagene Stimmgabel fest in seiner Hand vor der einen Oeffnung des Rohres, sein Ohr vor die andere Oeffnung. Der andere faſste die Hand dessen, der die Stimmgabel hielt und sorgte dafür, dafs das obere Ende der Zinke immer dem Mittelpunkte der Oeffnung der Röhre gegenüber lag, und von ihm gleich weit entfernt blieb. Der, welcher die Stimmgabel hielt, drehte sie um ihre senkrechte Axe und hielt sie in der Lage, wo sie am schwächsten gehört wurde, fest, während der andere mittels eines Transporteurs und jener an der Stimmgabel befestigten Nadel, den Grad bemerkte, auf den die Nadel zeigte, und welcher den Winkel angab, den die Stimmgabel mit der breiten Seite der Zinke machte. Auf diese Weise untersuchten sie drei Stimmgabeln von wesentlich verschiedenen Dimensionen, wobei die einzelnen Beobachtungen bis auf 4° mit einander übereinstimmten. Es ergab sich, dafs die Richtung, in welcher der Ton am schwächsten gehört wird, einen desto gröfseren Winkel mit der breiten und desto kleineren mit der schmalen Seite der Stimmgabelzinke bildet, je gröfser die breite Seite im Verhältnifs zur schmalen ist; da aber die Interferenzflächen nicht Ebenen, sondern gekrümmte Flächen sind, und bei diesen Beobachtungen nicht die Entfernungen der Axen der einzelnen Gabeln von der Oeffnung der Röhre angegeben sind, so sind dieselben ziemlich werthlos.

Wie es scheint sind die Gebrüder Weber durch theoretische Betrachtungen auf diese Versuche geführt worden, als in Widerspruch stehend mit einer Behauptung von Poisson [2]), dafs nämlich, wenn die ursprüngliche Erschüt-

1) S. Wellenlehre S. 507.

2) *Annales de Chim. et de Phys. par Gay Lussac et Arago T. XXII*, 1823, *p.* 255.

terung der Luft, nicht wie bei der Ausdehnung einer Kugel nach allen Richtungen stattfindet, sondern nur nach einer Richtung, die Bewegung (Erschütterung) sich nur in der Richtung dieser Schwingung bemerkbar fortpflanze (?) Die Betrachtung, dafs bei einem Stabe (bei geradlinigen Transversalschwingungen) immer zwei gleichzeitig von entgegengesetzten Seiten ausgehende sphärische Wellen mit entgegengesetzter Phase in ihrem Zusammenwirken auf die umgebenden Luftschichten zu verfolgen sind, findet sich weder bei Poisson noch in den ersten Untersuchungen der Gebrüder Weber klar und bestimmt ausgesprochen. Daraus hätte sich eben als unmittelbare Folge ergeben, dafs das Interferenzphänomen bei einer Stimmgabel in dem Zusammentreffen von vier solchen Wellenzügen seinen Grund hat, deren freie Ausbreitung allerdings noch durch die Reflexion an den innern Zinkenflächen modificirt wird. Um das Verschwinden des Tones in den vier zur Schwingungsebene geneigten Richtungen zu erklären, nehmen sie daher an, dafs, indem die Stimmgabel schwingt, nicht nur in der Richtung der Schwingungen abwechselnd verdichtende und verdünnende Wellen ausgehen, sondern fast gleich starke Wellen auch in der darauf senkrechten Richtung, durch eine Art von Reibung, obwohl Poisson die Möglichkeit solcher Wellen in einem elastischen Fluidum läugnet (?) Letztere Wellen würden zwar ebenso schnell fortschreiten, als die in der Richtung der Schwingungen ausgehenden, aber die Lufttheilchen beider Wellenzüge würden sich senkrecht zu einander bewegen [1]). An der richtigen Erklärung hinderte sie die Beobachtung, [auf welche natürlich grofses Gewicht gelegt werden mufste], dafs in der Erscheinung nichts geändert wurde, wenn man die Einwirkung der einen Zinke auf die umgebende Luft dadurch hinderte, dafs man sie mit einem weiten dünnwandigen Cylinder überdeckte. Es entging ihnen bei der Unvollkommenheit ihres Versuches, dafs dann von der Reflexion der Schallwellen an der zwischen beiden Zinken

1) S. Wellenlehre S. 509.

befindlichen Cylinderwand die Richtung der Interferenzflächen abhängt.

Nachdem nun durch die Weber'schen Versuche die Kenntnifs der akustischen Interferenzerscheinungen wesentlich gefördert war, machte Chladni[1]) in einer Anzeige des Inhaltes der Wellenlehre, unmittelbar nach dem Erscheinen derselben (1825) darauf aufmerksam, dafs man zu Folge einer zuerst von Savart[2]) an Orgelpfeifen gemachten Beobachtung, das Interferenzphänomen deutlicher beobachten könne, indem man die angeschlagene Stimmgabel über einem mittönenden Glase klingen lasse. Dieses Mittönen findet statt, wenn die Stimmgabel über ein cylindrisches Glas gehalten wird, dessen Höhe so grofs ist, dafs die darin befindliche Luftsäule, wenn sie in stehende Schwingungen versetzt wird, eben den Ton wie die Stimmgabel giebt. Durch hineingegossenes Wasser kann man dem Ton die richtige Höhe geben, die man auch durch leichtes Anblasen prüfen kann. Indem die Gabel in horizontaler Lage über der Oeffnung des Glases um ihre Axe gedreht wird, wird ihr Ton in hohem Maafse verstärkt, wenn die Schwingungsebene der Zinken zur Oeffnung des mittönenden Gefäfses senkrecht oder parallel liegt, in vier dazwischen liegenden Stellungen hingegen verschwindet der Ton gänzlich. Tönt die Stimmgabel stark und lange nach, so kann dieser Wechsel mehrmals wiederholt und noch in ziemlicher Entfernung deutlich gehört werden. Ein gewöhnliches cylindrisches Medizinglas von $1\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser und 3 Zoll Höhe, zeigt die Tonverstärkung und Interferenz, bei den gewöhnlichen, *a* angebenden Stimmgabeln sehr deutlich.

Wenn man zu diesem von Chladni angegebenen Versuch einen Helmholtz'schen Resonator anwendet, dessen Verbindung mit dem Ohr am bequemsten durch einen Gummischlauch hergestellt werden kann, so ist die Tonverstärkung fast unerträglich und dadurch das völlige

1) S. Kastner's Archiv Bd. VII.

2) S. Schweigger's Journal 1825, Heft (2) S. 423 und 1826, Heft (2) S. 111.

Verschwinden des Tones während der Drehung der Gabel noch hervortretender. [Man kann auch das offene Ende eines dünnen Gummischlauches neben der Stimmgabel bis nahe zum Boden des mittönenden Gefäfses leiten.]

Chladni hat auch die erste, im Wesentlichen wichtige Erklärung der in der Wellenlehre mitgetheilten Versuche gegeben; in einem kleinen Aufsatze, der gleichzeitig mit der oben erwähnten Anzeige der Wellenlehre erschienen ist [1]). Er hatte früher gezeigt [2]), dafs sich die Schenkel oder Zinken einer Stimmgabel, indem diese tönt, nicht nach einerlei Richtung, sondern abwechselnd gegeneinander oder von einander bewegen. Geschieht das letztere, so wird aufserhalb jedes Schenkels eine verdichtende Welle erregt, während zwischen den auseinandergehenden Schenkeln die Luft sehr verdünnt wird; es mufs also auch durch das Zuströmen der Luft von den Seiten in den leer gewordenen Raum, in der auf der Schwingung normalen Richtung eine verdünnende Welle entstehen [3]). Wenn sich dagegen die Schenkel zu einander bewegen, entsteht durch das Zuströmen der Luft von Aufsen her nach dem leer gewordenen Raum, hinter jedem Schenkel eine verdünnende Welle. Dagegen wird die Luft zwischen den Schenkeln zusammengedrückt, sie mufs nach den Seiten ausweichen und erregt nach der auf der Schwingung normalen Richtung eine verdichtende Welle. Demgemäfs kann nach den dazwischen liegenden Richtungen der Schall wenig oder gar nicht verbreitet werden, indem an diesen Stellen die Luft weder nach Aufsen gestofsen, noch nach Innen gezogen wird. Jeder in diesen Richtungen gelegene Punkt ist also als ein Schwingungsknoten anzusehen, indem in jeder um die Stimmgabel herum befindlichen kreisförmigen Strecke (Fig. 2 und 3 Taf. IV) die Lufttheilchen ab-

1) S. Kastner's Archiv Bd. VII, S. 92.

2) Akustik S. 99 und *Traité d'Acoustique p.* 88.

3) S. Fig. 1 Taf. IV, wo die Pfeile die Bewegungsrichtung der Luft, die Zeichen + und — die resp. Verdichtung und Verdünnung derselben bezeichnen sollen.

wechselnd, die durch punktirte Linien angegebenen Lagen annehmen, in derselben Weise wie beim tiefsten Ton einer Glocke [1]). Der oben angeführte Versuch mit der Röhre widerspricht dieser Erklärung nicht, indem in der einen Hälfte des umgebenden Luftraumes dieselbe Wirkung in die Quere vermöge der abwechselnden Zusammendrückung und Ausdehnung der zwischen dem freien Schenkel und der Röhre befindlichen Luft auch stattfindet.

Diese durchaus richtige Erklärung scheint Chladni aber bald aufgegeben zu haben in Folge von Versuchen, die er 1826 mit Sömmring [2]) zusammen über die beim Eintauchen eines tönenden Stabes oder einer Stimmgabel in Wasser entstehenden Wellen anstellte, wodurch er auf eine irrige Vorstellung von der Verbreitung der Schallwellen in in der Luft geführt wurde. Um einen (runden) Stab in einer bestimmten Richtung in Transversalschwingungen zu versetzen, wurde in einiger Entfernung vom Ende ein dünnes gläsernes Stäbchen senkrecht aufgekittet. Wird ein solches Stäbchen mit nassen Fingern oder besser mit einem Läppchen der Länge nach gelinde gerieben, so geräth der Metallstab durch Mittheilung von dem geriebenen Glasstäbchen aus in Schwingungen, und setzt, wenn sein unteres Ende in Wasser (nur wenig unter dessen Oberfläche) eingetaucht ist, die umgebende Flüssigkeit in eine doppelte sichtbare Art von Bewegung. Es entstehen nämlich einerseits Wellen auf der Oberfläche der Flüssigkeit, welche jedoch nicht merklich länger dauern, als die Erregung durch die Vibration des klingenden Körpers; anderseits theils gerade, theils kreisende progressive Strömungen der Flüssigkeit. Man kann dieselben nur dadurch sichtbar machen, dafs man auf die Oberfläche der Flüssigkeit Bärlappsamen streut, aber nur in sehr geringer Menge, so dafs nicht etwa eine zusammenhängende Haut, sondern nur kleine Flocken sich bilden. (S. Fig. 4 und 5 Taf. IV,

1) S. hierzu Pogg. Ann. Bd. XLIV, S. 272 eine kurze Bemerkung von Dove.

2) S. Kastner's Archiv Bd. VIII, S. 91.

wo die Pfeile, die auf der Flüssigkeitsoberfläche eintretenden fortschreitenden Strömungen andeuten. Die Schwingungsrichtung des Stabes Figur 4 ist dieselbe als die der Stimmgabel Figur 5 Tafel IV. »Da nun« — schliefst Chladni — »allem Ansehen nach in dem Medium, welches den klingenden Körper umgiebt, es sey Wasser oder Luft, die Schallwellen als primäre oder Stofswellen denselben Gang nehmen, wie bei diesen Erscheinungen die ebenfalls durch Stofs erregten langsamen, progressiven Bewegungen, so ist wohl ganz klar, dafs an einem Stabe ebenso wie an einer Gabel der Schall nicht nur in der Richtung der Schwingungen, sondern auch in den Normalrichtungen verbreitet werde, weil in allen diesen Richtungen verdichtende und verdünnende Wellen direct gegen die Gehörwerkzeuge oder die in einer Röhre befindliche Luft wirken, dafs hingegen in den vier dazwischen liegenden Richtungen Unterbrechungen stattfinden müssen, weil an solchen Stellen, vermöge der kreisenden Bewegungen, die Wirkungen quer vorübergehen (?)«

Die gleich starke Schallverbreitung in der Richtung der Schwingungen und senkrecht dazu, und das Verschwinden des Schalles in den vier dazwischen liegenden Richtungen, was dieser Betrachtung zu Folge auch bei einfachen prismatischen oder runden Stäben stattfinden mufs, glaubt nun Chladni in der That beobachtet zu haben. »Am leichtesten« — meint er — »sey diefs durch das Gehör bemerkbar, wenn man den Stab (am besten eine runde etwa fingersdicke Stange von Eisen oder Messing) an dem oberen Schwingungsknoten mit dem Daumen und Zeigefinger locker in einer senkrechten Lage hält, ihn in der Mitte anschlägt und ihn sodann vor dem Ohre um seine Axe dreht.« Diefs beruht jedoch auf einer Täuschung; wahrscheinlich hat Chladni während der Drehung des Stabes, die bei vollkommen runden und ziemlich genau quadratischen Stäben oft sehr langsamen Schwebungen als Schallunterbrechungen in verschiedenen Richtungen angesehen, und ist eben dadurch in

der eben entwickelten Anschauung der Schallverbreitung wesentlich bestärkt worden.

Durch diese Betrachtung glaubte Chladni auch eine andere, zuerst von E. und W. Weber beobachtete Erscheinung[1]) erklären zu können, dafs nämlich der Ton einer Stimmgabel, wenn dieselbe (auf einer Drehbank) schnell um ihre Längsaxe rotirt, verschwindet, während er bei langsamer Drehung deutlich wahrnehmbar bleibt. Durch die Drehung nämlich, meint Chladni, werde die Bewegung so schnell im Kreise herumgetrieben, dafs in keiner Richtung ein hinreichend wirkender Stofs auf die umher befindliche Luft stattfindet[2]).

Eine weitere Folge dieser Anschauungsweise ist, dafs an einer Stimmgabel 8 Unterbrechungen der Schallverbreitung stattfinden müfsten, nämlich 4 in schiefen Richtungen nach Aufsen und 4 in schiefen Richtungen nach Innen. »Die letzteren werden aber »— meint Chladni —« durch die zwischen beiden Schenkeln in normalen Richtungen nach Innen und nach Aufsen gehenden Strömungen und Wellen so überwältigt, dafs, wenn beide Schenkel nicht weit von einander abstehen, man schwerlich zwei Unterbrechungen in schiefen Richtungen gegen die einander zugekehrten Seiten der Gabel wird unterscheiden können, so dafs dieselben nur an den äufseren Kanten bemerkbar bleiben« (S. Fig. 5).

1) S. Wellenlehre S 510.

2) Diese Erscheinung ist neuerdings von Beetz genauer untersucht worden. S. Pogg. Ann. Bd. 128, S. 490 bis 496. Derselbe hat bei schneller Rotation eine Tonerhöhung bemerkt, die seiner Ansicht nach rein objectiv seyn soll. Dem widerspricht jedoch, dafs in der Richtung der Rotationsaxe (wenn dieselbe mit der Stimmgabelaxe zusammenfällt) der Ton unverändert erscheint. Auch andere Versuche, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, zeigen, dafs die Töne rotirender Stimmgabeln nicht auf so einfache Weise sich erklären lassen. Zufolge einer brieflichen Mittheilung des Hrn. Beetz, ist es diesem übrigens gelungen durch Resonatoren von dem höheren auch einen tieferen Ton zu sondern. Die über diesen Gegenstand angestellten Beobachtungen werden wohl binnen Kurzem in diesen Annalen mitgetheilt werden.

Sehr bald darauf (auch 1826) stellte W. Weber[1]) allein ähnliche Versuche mit Stäben an, die ihn zur Bestätigung der (wie wir gesehen haben durchaus unrichtigen) Behauptung Chladni's führten: »dafs es nämlich an jedem Stabe, er mag rund, dreiseitig oder vierseitig seyn, vier verschiedene von demselben ausgehende Flächen giebt, in welchen der Ton des Stabes entweder äufserst schwach oder gar nicht vernehmbar ist und dafs diese Flächen zwischen der Richtung, in welcher der Stab schwingt und der Seitenrichtung, welche auf jener ersteren senkrecht ist, ziemlich in der Mitte liegt«[2]). Ueber die Versuche, die Weber deswegen angestellt hat, giebt er nur Folgendes (a. a. O. S. 394) an: »Ein 8 pariser Zoll langer, 2 Linien breiter und dicker, sehr sorgfältig gearbeiteter Messingstab wurde an einem Faden aufgehängt, nachdem $\frac{2}{10}$ von der Länge des Stabes (an dieser Stelle liegt genau der Schwingungsknoten des Stabes, wenn er frei schwingend seinen Grundton giebt) abgetheilt und daselbst an den vier Kanten desselben mit einer Feile Einschnitte gemacht waren, so dafs der Faden hier fast um den Stab geschlungen werden konnte. Durch diese lockere Befestigungsart wurde erreicht, dafs der Stab noch länger als eine Stimmgabel forttönte. Er gab den Ton $\bar{g}$. Berührte man mit der Fingerspitze die eine Fläche des Stabes, so konnten auf diese Weise beliebig viele Flächen des Stabes dem Ohre durch Drehung des Fingers zugewendet werden. Wenn das herabhängende Ende des Stabes an eine Tischkante stiefs, so berührte entweder gleich im ersten Moment die ganze Fläche des Stabes den Tisch oder es stiefs eine Kante des Stabes an. Nur im ersteren Falle konnte man die Unterbrechung der Schallstrahlen deutlich beobachten. Im letzteren Falle hörte man an der Kante des Stabes Schwebungen, denen ähnlich, welche durch zwei verschiedene aber sehr nahe liegende Töne entstehen«. Auch an einer Eisenstange von 2 par. Fufs 11 Zoll Länge, $6\frac{1}{4}$ Linien Breite und Dicke wurde bei derselben Befestigungs-

1) S. Schweigger's Journal Bd. XLVIII S. 385 bis 430.
2) A. a. O. S. 387.

art die Erscheinung des Verschwindens des Tones, wenn die Kante des Stabes gegen das Ohr gewendet war, und das schwache Wiedererscheinen des Tones, wenn man den Finger noch weiter drehte, so dafs die Seitenfläche des Stabes vor das Ohr zu liegen kam, sehr deutlich beobachtet; und zwar auch dann, wenn $\frac{5}{33}$ der Länge zur Befestigungsstelle abgetheilt war, wobei der Stab nicht seinen Grundton, sondern seinen zweiten Falsetten $\bar{a}$ gab und 4 Schwingungsknoten bildete.

Um diese von W. Weber angegebenen Versuche zu wiederholen, habe ich mich zum Festhalten der Stäbe mit grofsem Vortheil statt des Fadens eines Gummibandes, oder was leichter zur Hand ist, eines Stückes Gummischlauch bedient. Ein damit in einem Knotenpunkt umschlungener Stab tönt ungemein hell und lange, verschiebt sich nicht zwischen den Fingern und läfst sich aufserdem mit Leichtigkeit um seine Axe drehen.

Statt nun diese auffallende Erscheinung gründlicher experimentell zu prüfen, hat W. Weber nur die Gestalt und Lage der bei einer Stimmgabel auftretenden Interferenzflächen genau ermittelt. Zu dieser Untersuchung mufste eine horizontal befestigte Stimmgabel, vor der Mündung einer senkrecht stehenden, auf denselben Ton abgestimmten Resonanzflasche um ihre Längsaxe gedreht werden können, ohne dafs sie sich jener Oeffnung näherte oder von ihr entfernte. Diefs wurde dadurch bewirkt, dafs in die Axe eines Wollastonschen Reflexionsgoniometers eine sehr genau gearbeitete Stimmgabel mit ihrem Stiel eingefügt wurde, der, um die Mittheilung der Schwingungen an das Goniometer und eine beträchtliche Resonanz desselben zu verhindern, vorher mit Papier umwickelt war. Es wurde ferner die Oeffnung der mittönenden Flasche bis auf einen $\frac{8}{10}$ Linien breiten, mit der Längsaxe der Gabel parallel laufenden Spalt geschlossen, und nun die Winkel genau gemessen, welche die Flächen der Stimmgabel mit der Oeffnung der Flasche dann bildeten, wenn der Ton am schwächsten gehört wurde, wobei man die Stimmgabel überhaupt

nur so leise tönen liefs, dafs ihr Ton ohne Vermittlung der Flasche nicht gehört werden konnte, also auch dann nicht, wenn die Spalte sich gerade an einer Stelle befand, wo die Schallschwingungen der Stimmgabel verschwanden, indem dann die im Glase befindliche Luftsäule (durch die schwingende Stimmgabel) nicht zwischen der Spalte hindurch in eine stehende Schwingung versetzt werden konnte. Aus den auf diese Weise angestellten Beobachtungen ergab sich das Gesetz:

Dafs alle Punkte, wo der von der Stimmgabel ausgehende Ton verschwindet, zusammengenommen hyperbolische, den Kanten der Gabel parallel laufende Cylinder bilden (deren senkrechte Durchschnitte also Hyperbeln sind, welche ihre Brennpunkte in den Kanten der Stimmgabel haben) die noch am Ende der Zinken nach Aufsen hyperbolisch gekrümmt sind.

Die Erklärung dieser Erscheinung, die ja gleichzeitig auch die Erklärung der vermeintlichen vier Interferenzflächen an jedem Stabe enthalten mufste, machte natürlich grofse Schwierigkeiten, die der geistreiche Physiker auf eine eigene Weise zu überwinden suchte.

Ehe ich die kurze und zum Theil schwer zu verstehende Deduction Weber's hier mittheilen kann, ist es nothwendig den Charakter der Bewegungen einer tönenden Stimmgabel sich vollkommen klar zu machen.

Wie aus den Untersuchungen von Chladni (S. Akustik Abschnitt VI) hervorgeht, läfst sich eine Stimmgabel als ein Stab ansehen, dessen zwei Knotenpunkte (welche bei einem geraden Stabe ungefähr um $\frac{1}{5}$ der ganzen Stablänge von den freien Enden abstehen) in Folge der Krümmung so nahe an einander gerückt sind, dafs sie fast ganz zusammenfallen und dessen freie Enden durch die zu einander gebogenen Zinken dargestellt werden. Mithin werden alle Erscheinungen, die sich an dem freien Ende eines Stabes beobachten lassen, wenn derselbe in Transversalschwingungen versetzt wird, deren Richtung zu einem Paar Seitenflächen parallel ist, auch an jeder Zinke einer tönenden Stimmga-

bei auftreten müssen, nur modificirt durch die in unmittelbarer Nähe von der andern Zinke ausgehenden Schallwellen. Die stehenden Schwingungen eines durch Anstreichen oder Anschlagen zum Tönen gebrachten geraden Stabes entstehen nun offenbar, ganz analog den stehenden Wasser- und Seilwellen, welche in der Wellenlehre S. 262 sehr klar und ausführlich behandelt sind, aus der Durchkreuzung der verschiedenen, an beiden Stabenden reflectirten, fortschreitenden Wellenzüge. In Folge dieses Zusammenwirkens ist aber die schliefsliche constante Bewegung der Art, dafs in allen Querschnitten längs des ganzen Stabes, die Bewegung gleichzeitig erfolgt. Während die Theile des Stabes zwischen den beiden Knotenpunkten nach einer Seite hin sich bewegen, wird von beiden Stabenden eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite ausgeführt; sodann gehen alle Theile durch die ursprüngliche Gleichgewichtslage, jeder im Maximum seiner Geschwindigkeit, worauf eine der vorigen analoge Bewegung für jedes Theilchen nach der entgegengesetzten Seite erfolgt. Bei dieser Schwingungsart treten also keine *einzelnen* an dem Stabe hin- und herlaufenden Ausbeugungen auf, sondern die *eine* beobachtbare Ausbeugung bleibt immer an ihrem Orte, indem sie nur abwechselnd aus ihrer Stellung über der Gleichgewichtslage, unter diese und umgekehrt bewegt wird, so dafs also die Theilchen, welche rechts und links von dem Gipfel der Ausbeugung liegen, sich immer gemeinschaftlich senken und auch gemeinschaftlich steigen. Bei dieser Art der Bewegung, von deren Richtigkeit ich mich verschiedentlich auf experimentellem Wege überzeugt habe, ist das wesentlich zu betonen, dafs in *allen* Querschnitten längs des ganzen Stabes die Bewegung *gleichseitig* erfolgt, dafs also in jedem einzelnen zur Axe des Stabes senkrechten Querschnitt *alle* Punkte des Umfanges *gleichseitig* ihre Bewegung der umgebenden Luft mittheilen, was namentlich für die Punkte zu beobachten ist, für welche die Richtung der Bewegung auf der Umgränzungsfläche senkrecht steht.

Dem widersprechend berücksichtigt nun Weber, um

die von ihm und Chladni [1]) an Stäben beobachteten Erscheinungen erklären zu können, nur eine *einzelne* der *fortschreitenden* Wellen, deren jede während einer Schwingung das freie Stabende, respective die Zinke der Stimmgabel hin und zurück durchläuft. W. Weber behauptet nämlich, dafs eine einzelne Oscillation einer Stimmgabel dadurch zu Stande kömmt, dafs beide Zinken gleichzeitig von der Vibration *einer* fortschreitenden Erschütterungswelle hin und zurück durchlaufen werden. Um nämlich das Auftreten von vier Interferenzflächen an einem Stabe erklären zu können, mufste er (alle übrigen möglichen Erklärungsversuche erwiesen sich unzureichend) annehmen, dafs die verdichtende Welle, die von derjenigen Seite der Zinke ausgeht, welche die Luft stöfst, bei jeder Oscillation etwas früher entsteht, als die verdünnende Welle, die von der entgegengesetzten Seite der Zinke ausgeht, welche die Luft nach sich zieht; dafs also auch in jedem der Zinke senkrechten Querschnitt, je zwei einander gegenüberstehende Punkte auf der inneren und äufseren Seitenfläche zur Zinke nicht gleichzeitig erzittern, sondern die verdichtende Luftwelle vor der verdünnenden immer einen Vorsprung voraus habe. Bei der von Weber genauer untersuchten Stimmgabel waren die Zinken ohne die untere Krümmung 4 pariser Zoll lang, 2 Linien dick und breit und standen auch gerade um 2 Linien von einander ab. Sie machte genau 384 Schwingungen in der Secunde. Unter diesen Verhältnissen würde demnach in der Zeit einer ganzen Oscillation der Stimmgabel, also in $\frac{1}{384}$ Secunde, die Vibration der diese Oscillation hervorbringenden, fortschreitenden Welle, eine Länge von 8 Zoll durchlaufen. Diefs mufs aber, damit die Interferenz genau in den von Weber gemessenen Hyperbelarmen [2]) stattfindet, in der Weise vor sich gehen, dafs, wenn die Zinken sich in Folge der an ihnen von den Spitzen nach dem Stiel hinlaufenden, nach Aufsen convexen Ausbiegungen z. B. von einander entfernen, die von den Punkten der Linie $\beta\beta$ ausgehende (verdichtende)

1) S. oben S. 188.

2) S. Schweigger's J. Bd. XLVIII, S. 410.

Luftwelle (bei beiden Zinken) um 0,00048 Tertien früher entsteht als die von den gegenüberliegenden Punkten der Linie bb ausgehende Welle; dafs diese Verschiedenheit aber, während die Vibration der fortschreitenden Welle die Zinken von Oben nach Unten durchläuft, überall dieselbe bleibt, dafs also, wenn sie nach $\beta_1\beta_1$ gelangt ist, auch hier die verdichtende Welle, von $\beta_1\beta_1$ um denselben Zeittheil früher ausgeht, als die verdünnende von b_1b_1. Unter diesen Verhältnissen werden offenbar diejenigen Punkte, welche ihre Excursion während des ganzen Verlaufes einer halben Oscillation gleichzeitig ausführen, nicht auf einem senkrecht durch die Zinke gehenden Querschnitt liegen, (weil ja sonst immer je zwei einander gegenüberliegende Punkte gleichzeitig erzitterten) sondern auf einer zum senkrechten Querschnitt geneigten Ebene $\alpha\alpha\beta\beta$, $\alpha_1\alpha_1\beta_1\beta_1$. (Die Strecke αb oder $\alpha_1 b_1$ läfst sich, wie Weber angiebt [1]) leicht berechnen; sie wird in 0,00048 Tertien durchlaufen und beträgt mithin $\frac{2}{7}$ Linie, also der Winkel $\alpha\beta b$ ist $= 8\frac{2}{7}°$ denn $\operatorname{tg}\alpha\beta b = \frac{1}{7}$). Damit ist das Wesentlichste der Weber'schen Deduction erschöpft. Seitdem scheinen keine eingehenderen Untersuchungen über diese akustischen Interferenzerscheinungen (wie sie bei allen Transversalschwingungen fester Körper auftreten) angestellt worden zu seyn [2]).

Eine ganz eigenthümliche Erklärung der Interferenz giebt Brandes [3]) an. Da nach W. Weber's Angabe die verdichtende Welle der verdünnenden stets vorausgeeilt seyn mufs, nach Schlüssen von Laplace aber die Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung in der Luft von der bei jeder Verdichtung frei werdenden, bei jeder Verdünnung gebunden werdenden Wärme abhängt, so hält er es für sehr wahrscheinlich, dafs im ersten Moment der Entstehung die verdichtete Welle, als gewaltsamer verdichtet, mehr Wärme frei macht, als nachher im freien Fortgange in der Luft

1) A. a. O. S. 422.

2) Helmholtz erwähnt sie in der Lehre von den Tonempfindungen 1. Aufl. S. 240.

3) S. Gehler's Wörterb. Bd. V S. 779.

der Fall ist, dafs das Gegentheil bei der verdünnenden Welle stattfinde, und somit die verdichtende Welle einen constanten Vorsprung vor der verdünnenden beibehalte. Eine gleichfalls unhaltbare Erklärung giebt Munke[1]). Dieſs scheint nach dem Material, welches mir zugänglich war, die vollständige Geschichte der hier zu betrachtenden Interferenzerscheinung zu seyn.

Um nun zu entscheiden, in wie weit die erste von Chladni aufgestellte Erklärung (s. o. S. 184) richtig sey, war es zunächst nöthig die Interferenzerscheinungen an einzelnen prismatischen Stäben genau zu untersuchen[2]). Ich habe eine groſse Zahl von Stäben der verschiedensten Art unter den mannigfachsten Umständen untersucht und dabei eine Reihe interessanter Beobachtungen darüber gemacht, in wiefern Ton, Schwingungsform und Interferenz von der Art der Befestigung in den Knotenpunkten, vom Mittönen des Befestigungsmittels, von der Art der Tonerregung usw. abhängt. Die Resultate dieser Untersuchung müssen einer späteren Abhandlung vorbehalten bleiben. Für den vorliegenden Zweck sind nur die Erscheinungen von Wichtigkeit, welche ein transversaltönender Stab bei *geradliniger* Schwingungsform zeigt, d. h. wenn die Bahnen, welche die auf der Axe des Stabes gelegenen Elemente beschreiben, in derselben constanten Ebene liegen. Eine sehr einfache geometrische Betrachtung giebt die Lage der unter diesen Verhältnissen sich bildenden, ebenen Interferenzflächen in vollster Uebereinstimmung mit den Beobachtungen.

Sey irgend ein zur Axe des Stabes senkrechter Querschnitt, dessen zur kleineren Seitenfläche parallele Transversalschwingungen untersucht werden sollen $abcd$ (Fig. 7 Taf. IV), so wird derselbe während einer halben Oscillation etwa in die Lage $\alpha\beta\gamma\delta$ gelangt seyn, und zwar in *gleichseitiger* Bewegung mit allen übrigen Querschnitten auf einer

1) Gehler's Wörterb. Bd. VIII, S. 449.

2) Die Versuche sind im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus angestellt worden.

zwischen zwei Knotenpunkten oder zwischen einem Knotenpunkt und einem freien Ende gelegenen Abtheilung des Stabes. Die ganze in dem Raume vom Querschnitt $bc\gamma\beta$ befindliche Luft wird also verdrängt, während auf der andern Seite ein gleich grofser Raum von demselben Querschnitt $ad\delta\alpha$ allmählich von dem Stabe verlassen wird. Die rechts comprimirte Luft wird aber nicht nur einen Druck in der Richtung der Bewegung, sondern, da sich der Druck in einem Gase gleichmäfsig nach allen Seiten hin fortpflanzt, auch senkrecht darauf, in der Richtung von bc, auf die umgebenden Lufttheilchen ausüben; ebenso wie auf der linken Seite in Folge der Luftverdünnung, die Luft von allen Seiten nach dem luftverdünnten Raum hin, den der Stab bei seiner Bewegung verlassen hat, sich ausdehnen wird. Es werden also gleichzeitig zwei Luftwellen von genau entgegengesetztem Charakter, aber sonst ganz gleicher Intensität etc. entstehen, die sich mit gleicher Geschwindigkeit nach allen Seiten hin ausbreiten. Da aber diese beiden durch die Bewegung des Stabes erregten Wellen von entgegengesetzter Natur genau *gleichseitig* entstehen, und beide immer *gleich breit* sind, auch mit *gleicher Geschwindigkeit* sich fortpflanzen, so begegnen sie einander genau in einer Linie, welche auf der Bewegungsrichtung und zwar in der Mitte der ihr parallelen Seitenfläche des Stabes (in s. Ruhelage) senkrecht steht; in dieser Linie (resp. Ebene) aber werden sich die Bewegungen der beiden Wellenzüge vollkommen aufheben. Dieselbe Betrachtung gilt für die geradlinigen Schwingungen parallel zur breiteren Seite ad oder bc des Stabes, aus denen sich eine Interferenzebene ergiebt, die in der Mitte dieser Seitenfläche auf derselben senkrecht steht. Ebenso gilt diese Betrachtung, wenn die *geradlinigen* Schwingungen des Stabes zu den Seitenflächen geneigt liegen (was sogar bei runden oder nahezu quadratischen Stäben meistentheils der Fall ist). Auch dann steht die ebene Interferenzfläche, in welcher der Ton verschwindet, auf der Schwingungsebene des Stabes genau senkrecht. Uebrigens kann man auch umgekehrt aus der constanten

Lage der Interferenzflächen auf die Richtung und Form der Schwingungen, deren Folgen sie sind, zurückschliefsen. Giebt nämlich ein tönender Stab (von beliebigem Querschnitt) nur *einen* reinen Ton an und eine einzige, durch die Axe gehende, constante, ebene Interferenzfläche, in welcher dieser Ton vollständig erlischt, so sind die Schwingungsbahnen der einzelnen Stabelemente offenbar geradlinig und stehen auf dieser Interferenzebene senkrecht.

Um die Interferenzerscheinungen bei transversalschwingenden Stäben genau beobachten und messen zu können, war zunächst ein Apparat zur Befestigung derselben erforderlich, dessen wesentlichste Einrichtung aus Fig. 8 Taf. IV vollkommen ersichtlich ist. Dieser Apparat soll dazu dienen, Stäbe in einer festen unveränderlichen Lage zum Tönen zu bringen, was sich durch Einspannen zwischen Schnur- oder Darmsaiten-Schlingen, oder, wenn ein lang anhaltender Ton erzielt werden soll, zwischen Gummischnüren (wozu man auch dünnen Gummischlauch verwenden kann) vollkommen erreichen läfst. Um diefs bequem ausführen zu können, ist in der 1 Fufs breiten, 4 Fufs langen Tafel einer hölzernen Bank in der Mitte eine Spalte angebracht, die zur Aufnahme zweier gabelförmiger hölzerner Träger dient, welche sich längs derselben verschieben und durch Schrauben leicht feststellen lassen. In die Arme der Träger sind je zwei Haken zur Befestigung von Schlingen lose eingelassen, und um dieselben straff anziehen und somit Stäbe von verschiedenen Dimensionen einspannen zu können, sind die Stiele der Haken mit einem Schraubengewinde und einer Schraubenmutter versehen. Bei dieser Befestigungsart ist das sonst unvermeidliche Mittönen des zum Festhalten dienenden Apparates äufserst gering, vor Allem aber wird der tönende Körper bei geeigneter Einspannung so wenig in seinen Bewegungen gehindert, dafs längere Stäbe 2 bis 3 Minuten lang einen deutlich wahrnehmbaren Ton geben. Um untersuchen zu können, in welcher Weise die Schwingungsform eines Stabes modificirt wird, wenn derselbe nur an bestimmten Stellen eines

Knotenpunktsquerschnittes, etwa an zwei diametralen Kanten oder in der Mitte aller vier Seitenflächen u. dergl. m. befestigt wird, diente folgende Einrichtung. Zunächst zwischen den beiden Haken ist (an kurzen Fadenschlingen befestigt) ein Messingring eingespannt, dessen innerer Durchmesser 24^{mm} und dessen Dicke 5^{mm} beträgt. Dieser Ring ist an vier genau um 90^{0} voneinander abstehenden Stellen durchbohrt und daselbst mit Schrauben versehen, zwischen deren Spitzen der zu untersuchende Stab auf die mannigfaltigste Weise befestigt werden kann. Um ferner bestimmen zu können, in wie weit dieser Ring selbst an den Bewegungen des Stabes theilnimmt und möglicherweise dieselben modificirt, kann er auf doppelte Weise in den Haken festgespannt werden, entweder an zwei diametralstehenden Schrauben selbst, deren Kopf zu dem Zweck aus einer kleinen Oese besteht, oder in der Mitte zwischen denselben, vermittels eigens dazu eingeschraubter kleiner Oesen.

Zur Beobachtung der bei Stäben sowohl als bei Stimmgabeln auftretenden Interferenzerscheinungen diente ein Apparat, der zugleich mit der Wahrnehmung der Interferenzstellen auch die Messung ihrer rechtwinkligen Coordinaten gestattet. Auf einer 1 Fuſs breiten und $1\frac{1}{2}$ Fuſs langen, doppelt geleimten, und durch starke Kantenleisten hinreichend gegen Verziehen gesicherten, auf drei 2 Zoll langen starken Mikrometerschrauben ruhenden Holzplatte, ist längs der einen Kante eine nach Innen und einwärts abgeschrägte Leiste befestigt, die einen in Millimeter getheilten Maafsstab trägt; längs dieser Leiste ist eine etwa $\frac{3}{4}$ Fuſs im Geviert groſse, gleichfalls wohlverleimte und durch eine Feder von Stahl fest angedrückte Platte verschiebbar, welche mit einem Nonius versehen ist (der $\frac{1}{20}{}^{mm}$ Ablesung gestattet) und auf welcher sich der zur Bestimmung der Interferenzstellen dienende Resonator befindet. Dieser besteht aus einem Glascylinder (am besten eignet sich dazu eine Flasche mit weitem Halse, deren Boden abgesprengt ist), dessen eine Oeffnung durch einen Kork dicht verschlossen ist, in dem sich eine kurze, dünne Glasröhre befindet, auf welche ein Gummi-

schlauch, der zum Ohr geleitet wird, aufgesteckt werden kann. Mittels dieses Korkes wird auch die ganze Röhre auf einem Fufsgestell von Messing befestigt, welches mittels dreier Stellschrauben auf der verschiebbaren Holzplatte fest aufgestellt ist. Soll dieser Apparat auch dazu geeignet seyn, den einen tönenden Körper (Stimmgabel oder Stab) unmittelbar umgebenden Raum zu untersuchen, ohne dafs durch Annäherung desselben, die Schallwellen eine, die Erscheinungen wesentlich modificirende Reflexion erleiden, so mufs die obere Oeffnung des Glascylinders bis auf einen schmalen Spalt geschlossen werden können, der von zwei dachartig zu einander geneigten Messingplatten gebildet wird. Es ist deshalb zunächst auf die obere Oeffnung des Resonators ein in der Mitte durchbohrtes Holzprisma aufgekittet, auf dessen beide Seitenflächen Messingplatten aufgeschraubt sind, durch welche jene Durchbohrung bis auf einen Spalt geschlossen werden kann, dessen Breite bei den meisten Beobachtungen ungefähr 0,25^{mm} betrug. Das Volumen des Resonators mufs so gewählt seyn, dafs die dadurch abgeschlossene Luftmasse, wenn sie in stehende Schwingungen geräth, denselben Eigenton hat, wie der zu untersuchende tönende Körper. Dieser Ton läfst sich am leichtesten an einem Harmonium oder auch an einem Klavier bestimmen, indem man durch Probiren denjenigen Ton aufsucht, der durch den Resonator vorzugsweise verstärkt wird; ist die den Ton zunächst aufnehmende Oeffnung des Resonators klein, oder die Spalte sehr schmal, dann findet diese Verstärkung bei einer längeren Reihe neben einander liegender Töne statt und es ist denn nicht nothwendig das Volumen des Resonators mit peinlicher Genauigkeit abzumessen.

Da die Aufstellung dieses Apparates, der nur bei der genauen Messung der Interferenzflächen an zwei Stimmgabeln angewendet worden ist, immer viel Zeit erforderte, namentlich auch die Justirung desselben eine sehr mühsame Arbeit ist, ist im weiteren Verlaufe der Untersuchungen ein einfacheres und bequemeres Verfahren eingeschla-

gen worden. Mit derselben Schärfe, wie bei Anwendung eines Resonators, läfst sich nämlich das Verschwinden des Tones in einer Interferenzfläche blofs mittels eines Kautschuckschlauches von ungefähr 5^{mm} Durchmesser beobachten, dessen eine Oeffnung in das Ohr gesteckt wird. Wird das andere offene Schlauchende, welches gerade abgeschnitten seyn mufs, so dafs der Endquerschnitt auf der Axe der Schlauchröhre senkrecht steht, in der Weise durch eine Interferenzfläche hindurchgeschoben, dafs dieser Endquerschnitt dieselbe senkrecht durchsetzt, so verschwindet der Ton, wenn sich die Mitte der Röhre genau in der Interferenzebene befindet. Aus wiederholten Versuchen hat sich ergeben, dafs z. B. bei Stimmgabeln unter gewissen Verhältnissen eine Verschiebung von 0,1^{mm} genügt, um den Ton verschwinden und wiederauftreten zu lassen, also durch die Interferenzebene hindurchzugehen. Es kommt nun bei der Beobachtung der Interferenzstellen ohne Resonator, blofs mittels eines Gummischlauches, darauf an, ein kurzes, etwa 20^{mm} langes Messingrohr, auf welches ein Gummischlauch leicht aufgesteckt werden kann, mit dem zu untersuchenden Stabe der Art in Verbindung zu setzen, dafs es in verschiedenen, genau mefsbaren Entfernungen, welche von der Axe des Stabes (resp. der Gabel) bis zum Mittelpunkt der ihm zugekehrten Oeffnung der Röhre zu rechnen sind, genau um diese Axe herum bewegt werden kann, um so die Stellen, in denen der Ton verschwindet, in Polarcoordinaten auszudrücken. Da mir ein einfaches Wollastonsches Reflexionsgoniometer zur Disposition stand, wurde an diesem eine zweckentsprechende Einrichtung angebracht. Dieses Instrument ist gewöhnlich so eingerichtet, dafs der Nonius unverschiebbar ist, während die getheilte Kreisscheibe, in deren Mitte eine genau concentrisch gedrehte Ansatz-Axe sich befindet, beliebig gedreht werden kann. Wird an dieser Axe, also auch fest mit der Kreisscheibe, eine Schiene befestigt, längs welcher sich die kurze Röhre mit dem Schlauch verschieben und leicht festklemmen läfst, so kann man mittels dieser Einrichtung die Lage der am Ende eines

Stabes oder einer Gabel auftretenden Interferenzflächen sehr scharf bestimmen. Das Instrument (Fig. 9 Taf. IV) ist so aufzustellen, dafs diejenige Axe des zu untersuchenden Körpers, auf welche die Polarcoordinaten bezogen werden sollen, genau mit der Axe des Goniometers zusammenfällt. Der einzige Uebelstand ist der, dafs mittelst dieses Apparates nur die Interferenzflächen an den Enden tönender Stäbe untersucht werden können. Im Allgemeinen ist jedoch die Lage dieser Flächen längs eines ganzen Stabes dieselbe, und wo wirklich Aenderungen eintreten, reicht dann die Untersuchung beider Enden aus. Um das ganze Instrument richtig aufstellen zu können, wird es auf dem S. 197 beschriebenen Gestell befestigt, mittelst dessen sich die kleinste senkrechte und seitliche Bewegung ausführen, also die vollkommene Uebereinstimmung in den beiden oben erwähnten Axen herbeiführen läfst.

Es wurde nun zunächst die Interferenz für die geradlinigen Schwingungen vierseitiger prismatischer Stäbe untersucht.

Am einfachsten gestalten sich die Erscheinungen an solchen Stäben, bei denen die Seiten des rechtwinkligen Querschnitts so verschieden sind, dafs die beiden tiefsten Grundtöne, die den Transversalschwingungen nach den beiden Querdimensionen entsprechen, weiter auseinanderliegen, als dafs Schwebungen bei gleichzeitigem Auftreten derselben entstehen könnten, so dafs sich also beide Töne ganz gut nebeneinander beobachten lassen. Man erhält die Erscheinungen am deutlichsten, wenn man einen solchen Stab an den beiden um 0,2242 der ganzen Länge von den Enden entfernten Knotenstellen zwischen Schlingen von Darmsaiten oder starker Gummischnur in dem oben S. 196 (Fig. 8 Taf. IV) beschriebenen Apparat einspannt. Durch Anstreichen mit einem Violinbogen kann er dann leicht in jeder der beiden Querrichtungen zum Tönen gebracht werden. Einer meiner Stäbe gab parallel zur längeren Seite gis, parallel zur kürzeren nahezu c (s. Fig. 10 Taf. IV).

In Uebereinstimmung mit der oben angestellten geome-

trischen Betrachtung gestalteten sich an diesem Stabe die Interferenzerscheinungen in folgender Weise:

Wurde der Stab zwischen den Schlingen so eingespannt, dafs sie einen gleichmäfsigen Druck auf die vier Kanten ausübten und dann mit dem Bogen etwa parallel zur schmalen Seite in der Richtung aa_1 angestrichen, so zeigte sich rings um den Stab herum der Ton c, nur in einer von bb_1 wenig abweichenden Richtung $\beta\beta_1$ eine deutliche Interferenz. Genauere Messungen ergaben, dafs die obere und untere Hälfte der Interferenzfläche in *einer* durch die Axe des Stabes gehenden Ebene lagen, also β und β_1 in entgegengesetztem Sinne, aber um gleich viel von der Richtung b und b_1 abwichen. In der Interferenzfläche verschwand der Ton c vollkommen, und statt dessen hörte man fast regelmäfsig sehr leise gis, aber auch dieser Ton erlosch fast vollständig, wenn mit möglichster Vorsicht der Stab in einer zu $\beta\beta_1$ senkrechten Richtung angestrichen wurde; ein Beweis dafür, dafs die Schwingungsebene und Interferenzebene genau senkrecht zu einander stehen. In der zur längeren Querdimension parallelen Richtung bb_1 angestrichen, gab der Stab überall den Ton gis, nur in der auf $\beta\beta_1$ senkrechten Richtung $\alpha\alpha_1$ verschwand dieser Ton gänzlich; es liefs sich nur ganz leise c vernehmen, welches aber auch fast ganz verschwand, wenn der Stab in der Richtung von $\beta\beta_1$ angestrichen wurde. Eine Reihe von Messungen, die an verschiedenen Stäben ausgeführt wurden, haben ergeben, dafs stets die beiden Interferenzflächen $\alpha\alpha_1$ und $\beta\beta_1$ senkrecht zu einander liegen. Wurde der Stab in einer beliebigen Richtung, etwa an einer der Kanten angeschlagen, so konnte man in allen seitlichen Richtungen beide Töne c und gis hören, aber in der dem gis entsprechenden Interferenzebene $\alpha\alpha_1$, c allein, in der dem c entsprechenden Interferenzebene $\beta\beta_1$, gis allein.

Der Grund, weshalb die Interferenzebenen nicht zu den Seitenflächen parallel liegen (ich habe bis jetzt unter Stäben, deren Töne nicht weiter als eine grofse Terz auseinander liegen, keinen gefunden, bei dem das vollkommen der Fall

gewesen wäre), ist wohl der Mangel an Homogenität des Materials; wenigstens läfst sich diese Abweichung auch künstlich hervorrufen; z. B. dadurch, dafs man den Stab in den ihn festhaltenden Schlingen so dreht, dafs nicht alle Kanten gleichen Druck von denselben erfahren, oder auch indem man an zwei gegenüberliegenden Kanten Lederstückchen unterschiebt, wodurch offenbar bewirkt wird, dafs der Widerstand, der bei den Schwingungen des Stabes durch das Mittönen des Befestigungsmittels in den verschiedenen Richtungen zu überwinden ist, verschiedenen Werth hat. Auf diese Weise kann man leicht die Abweichung der Interferenzflächen von der Normalrichtung bis gegen 30° treiben.

An Stäben von nahezu quadratischem Querschnitt ist die Beobachtung der Interferenz viel schwieriger. Nur zwischen Fadenschlingen eingespannt geben dieselben nach keiner Richtung einen reinen Ton, sondern überall Stöfse und Schwebungen (vorzugsweise in der Richtung der Kanten), so dafs von einer constanten Interferenzfläche in diesem Fall nicht die Rede seyn kann. Diese Schwebungen haben offenbar sowohl Chladni als auch nach ihm W. Weber, da die von ihnen untersuchten Stäbe vor dem Ohr nicht ruhig gehalten, sondern gedreht wurden, für Interferenzen in verschiedenen (vier) Richtungen angesehen. Wenn aber ein solcher Stab in den Knotenpunkten, in der Mitte zweier gegenüberliegender Seitenflächen, zwischen den S. 197 beschriebenen Ringen fest eingespannt wird, so natürlich, dafs die zwei Paare ihn in den Ringen haltenden Schrauben in einer Ebene liegen, so gelingt es bald ihm zwischen denselben eine solche Lage zu geben, dafs er in dieser Richtung ($a a_1$ in Fig. 11 Taf. IV) angestrichen einen reinen Ton giebt und senkrecht dazu eine Interferenzebene, während merkwürdiger Weise in dieser letzteren Richtung $b b_1$ der Ton beim Anstreichen fast ganz versagt oder nur ganz kurz anklingt. Wenn daher ein so eingespannter Stab beliebig angeschlagen wird, so giebt er anfangs überall Schwebungen, aber nach höchsten 30 Se-

cunden ist ein reiner Ton, namentlich hell in der vorhin erwähnten Richtung aa_1 mit der zugehörigen, auf der Schwingungsrichtung senkrechten Interferenzebene wahrzunehmen. Da in diesem Fall die Ringe mittönen, wird der Ton etwas erhöht. Die Richtung, in welcher der Stab einen Ton angiebt, hängt ganz von der Befestigung zwischen den Schraubenspitzen ab; sie fällt im Allgemeinen nicht genau mit der durch die vier festhaltenden Schrauben bestimmte Ebene zusammen und kann sogar durch verschiedenen Druck derselben, also durch stärkeres oder schwächeres Anziehen, verändert werden, wobei auch stets die Tonhöhe geändert wird. Ganz dasselbe ist auch bei runden Stäben der Fall, welche ohne diese Befestigungsart stets langsamere oder schnellere Schwebungen wahrnehmen lassen. Es scheint somit erwiesen, dafs wenn ein prismatischer vierseitiger oder runder Stab in irgend welcher durch seine Axe gehenden Ebene in Schwingungen versetzt wird und diese geradlinigen Schwingungen ihre Richtung nicht ändern, der Ton nur in einer ebenen Interferenzfläche erlischt, welche auf dieser Schwingungsebene genau senkrecht steht.

Eine Stimmgabel ist nun, wie schon oben S. 190 bemerkt wurde, als ein Stab anzusehen, dessen zwei Knotenpunkte in Folge der Krümmung ganz nahe aneinander gerückt sind und dessen freie Enden durch die zu einander gebogenen Zinken dargestellt werden. Falls nicht, wegen der kleinen Entfernung der Zinken von einander, die von ihnen beiden ausgehenden Wellenzüge sich gegenseitig durchkreuzten, müfste die Interferenz in zwei einander parallelen, durch die Axen der Zinken gehenden und zur Schwingungsebene derselben senkrechten Ebenen stattfinden. Es ist das nun bei jeder einzelnen Zinke der Fall, wenn man über die andere eine Glasröhre von möglichst kleinem Durchmesser schiebt; ist die Krümmung dieser Röhre so grofs, dafs trotz der Reflexion, die an der zwischen beiden Zinken befindlichen gekrümmten Glasfläche stattfindet, dennoch (wegen der durch die Krümmung verursachten Zerstreuung der Schallwellen) keine reflectirte

Welle mit den direct erzeugten zur Interferenz gelangt, so zeigt sich in der That eine zur Schwingungsrichtung senkrechte, ebene Interferenzfläche. Bei den meisten der untersuchten Stimmgabeln habe ich diese Fläche zu der durch die beiden Zinkenaxen bestimmten Ebene senkrecht gefunden; in einzelnen Fällen und selbst bei sehr sorgfältig gearbeiteten Gabeln hatte nur die zu einer Zinke gehörige Interferenzebene diese Richtung, die andere ging allerdings auch durch die Zinkenaxe, stand aber nicht genau auf jener Ebene senkrecht. Ich habe in einzelnen Fällen Abweichungen bis zu 5°, oft auch bei beiden Zinken beobachtet. Es fallen also im Allgemeinen die Schwingungsebenen der Zinken nicht zusammen, sondern schliefsen unter Umständen einen kleinen Winkel ein, was seinen Grund in der unvollkommenen Homogenität des Materials, namentlich im gemeinschaftlichen Knotenpunkt haben mufs. Hat die zur Abschliefsung der von der einen Zinke ausgehenden Wellenzüge benutzte Glasröhre einen gröfseren Durchmesser, oder stehen die Zinken sehr wenig von einander entfernt, dann gelangen auch die an der Glaswand reflectirten Wellenzüge zur Interferenz mit den direct von der unbedeckten Zinke ausgehenden, was zur Folge hat, dafs die sonst ebene Interferenzfläche etwas nach Aufsen gekrümmt ist; die Krümmung nimmt zu, wenn man zwischen beide Zinken einen schmalen Glasstreifen (Papier oder andere Stoffe geben ungleich gute Reflexion) einschiebt, der kaum breiter als die Zinken zu seyn braucht. Es hängt dann die Krümmung ab von der Entfernung der reflectirenden Glastafel, sie nimmt zu, je näher diese Tafel der schwingenden Zinke gebracht wird (s. die in Fig. 12 Taf. IV dargestellte, zur Stimmgabel senkrechte Querschnittszeichnung.) Mittelst des oben S. 199 Fig. 9 Taf. IV beschriebenen Apparates lassen sich auch für diesen Versuch die Polarcoordinaten der Interferenzstellen mit grofser Schärfe bestimmen.

Diese durch Reflexion hervorgerufene Krümmung der Interferenzfläche läfst sich übrigens auch an den Enden eines dünnen Stabes beobachten, wenn man eine zur Schwingungs-

ebene senkrechte Glastafel demselben nähert. Das ist der Grund, weshalb die Gebrüder Weber keine Aenderung in den Interferenzflächen an einer Stimmgabel beobachten konnten, als über die eine Zinke eine Pappröhre geschoben wurde s. oben S. 182. Die von ihnen angewendete Pappröhre war eben so weit, also so wenig gekrümmt, dafs die an ihrer Aufsenseite stattfindende Reflexion dieselbe Krümmung der Interferenzfläche der unbedeckten Zinke hervorrief, als wenn die von der bedeckten Zinke ausgehenden Wellenzüge mit zur Interferenz gelangten.

Läfst man beide Zinken unbedeckt, so hängt die Krümmung der Interferenzflächen von der gegenseitigen Entfernung der Zinken ab. Ich habe eine grofse Zahl von Messungen darüber angestellt, dieselben sind aber erst bei der Vergleichung mit den aus einer theoretischen Ableitung der Interferenzflächen gewonnenen Zahlen von Werth und Interesse. Auch nur auf theoretischem Wege würde sich die allgemeine Form dieser Flächen feststellen lassen, die hyperbolische Cylinderflächen höherer Ordnung zu seyn scheinen. In der unmittelbaren Nähe der Zinken sind diese Flächen fast eben und zur Schwingungsrichtung senkrecht, in geringer Entfernung jedoch beginnt schon die Krümmung, die stark wächst, worauf sich auch schnell die Flächen ihrer Asymptotenebene nähern. In welcher Weise die Richtung der Asymptotenebenen von der Entfernung der Zinken abhängt, habe ich noch nicht constatiren können.

Für eine theoretische Behandlung würde man die in je einer Ebene liegenden vier Zinkenkanten, auf den beiden Seiten der Stimmgabel, als Ausgangspunkte für vier interferirende Wellenzüge ansehen, gleichzeitig aber die Reflexion an den inneren Zinkenflächen und die Abnahme der Intensität mit der Entfernung vom Ausgangspunkt berücksichtigen müssen.

Uebrigens wird auch die Krümmung der Interferenzflächen sehr vergröfsert, wenn man die tönende Gabel nahe über eine zur Schwingungsebene parallele Glastafel hält, wobei auch die Tonintensität sehr zunimmt.

Das Ergebnifs der im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchung ist also, um es kurz zusammen zu fassen, folgendes:

1. Wenn ein prismatischer, gerader Stab von beliebigem Querschnitt irgendwie in stehende Schwingungen versetzt wird, so tritt eine stationäre Interferenz nur dann ein, wenn die Schwingungscurven geradlinig sind und ihre Richtung nicht ändern; die *ebene*, durch die Axe des Stabes gehende Interferenzfläche steht dann auf der jedesmaligen Schwingungsebene senkrecht. Aus der Lage der Interferenzebene läfst sich umgekehrt die Schwingungsebene bestimmen. Die Richtung derselben hängt ganz von der Beschaffenheit des Materials und der Art der Befestigung ab Aufserdem findet, wie bei allen stehenden Schwingungen, auch eine Interferenz in den durch die Knotenpunkte gehenden und senkrecht zur Axe des Stabes (parallel zur Schwingungsrichtung) gelegenen Ebenen statt.

2. Die bei einer tönenden Stimmgabel auftretenden *zwei* Interferenzflächen sind, falls der Zwischenraum zwischen den Zinken nicht so grofs ist, dafs kein gegenseitiger Einfluſs stattfinden kann, (rund um die Kanten herum) nach Aufsen gekrümmt (im wesentlichen hyperbolische Cylinderflächen höherer Ordnung). Die Ursache dieser Krümmung liegt theils in der, an den einander zugekehrten, innern Zinkenflächen stattfindenden *Reflexion*, theils in dem gegenseitigen *Durchkreuzen* der von beiden Zinken *gleichseitig* ausgehenden *vier* Wellenzügen. Die Interferenzstellen sind dadurch bestimmt, dafs die Resultante *aller* dort noch zur Wirksamkeit gelangenden Amplituden ein *Minimum* ist.

Berlin d. 23. Januar 1867.

II. *Ueber den Einfluſs der Vaporhäsion bei Versuchen über Absorption der Wärme; von G. Magnus.*

Bekanntlich ist von Hrn. Tyndall in London gleichzeitig mit mir bereits im Jahre 1861 eine Untersuchung über den Durchgang der Wärme durch die verschiedenen Gasarten veröffentlicht worden. Beide Untersuchungen, unabhängig von einander und nach verschiedenen Methoden ausgeführt, haben das Resultat geliefert, daſs die Gase in Bezug auf ihre Fähigkeit die Wärme durchzulassen sich so verschieden verhalten, daſs einige, in eine Röhre von 1 Meter Länge eingeschlossen, weniger als die Hälfte von der auf sie fallenden Wärme durchlassen, während die atmosphärische Luft den Durchgang unter gleichen Umständen kaum merklich beeinträchtigt. In dieser Beziehung stimmten die von uns gefundenen Resultate im Allgemeinen mit einander überein, in Bezug aber auf die mit Wasserdämpfen gesättigte Luft zeigten sie groſse Verschiedenheit. Hr. Tyndall hatte gefunden, daſs diese die Wärme in auſserordentlichem Maaſse absorbire, so daſs, wenn man, wie er sich ausdrückt [1]), ein einzelnes Atom Sauerstoff oder Stickstoff mit einem einzelnen Atom Wasserdampf vergleicht, das letztere 16000 Mal mehr Wärme als eines von jenen absorbire. Später führt er an [2]), daſs die feuchte Luft die in einer Röhre von 4 Fuſs Länge enthalten ist, 4,2 bis 6 Proc. von der gesammten in diese Röhre gelangenden Wärme absorbire. Dagegen hatte ich gefunden, daſs zwischen dem Absorptionsvermögen der mit Feuchtigkeit gesättigten und der ganz trocknen Luft von der Temperatur des Zimmers kein mit Sicherheit festzustellender Unterschied vorhanden sey.

Seitdem sind von Hrn. Tyndall verschiedene, für die Meteorologie wichtige Folgerungen aus der von ihm beob-

1) *Phil. Mag. T. XXV, p.* 203.
2) *Phil. Mag. T. XXVI, p.* 36.

achteten grofsen Absorption der Wasserdämpfe hergeleitet worden und hierin sind ihm auch andere Physiker gefolgt. Allein nicht wegen jener Folgerungen ist die Frage über die Absorption von Wichtigkeit, denn diese bleiben, wie ich bei anderer Gelegenheit schon hervorgehoben habe, bestehen, wenn sie statt auf durchsichtigen oder eigentlichen Wasserdampf auf den theilweis niedergeschlagenen, nebelförmigen, in welchen der durchsichtige bei der geringsten Temperaturdifferenz übergeht, bezogen werden. Vielmehr ist es an und für sich von Interesse zu wissen, ob die Absorption der Wärme durch feuchte Luft in der That so aufserordentlich viel gröfser als durch trockne ist. Aufserdem aber hat Hr. Tyndall ohne Zweifel mit der gröfsten Gewissenhaftigkeit gearbeitet, was auch ich gethan zu haben mir bewufst bin, wenn trotzdem so grofse Verschiedenheiten in unsern Resultaten sich zeigen, so liegt die Vermuthung nahe, dafs noch unbekannte oder bisher unberücksichtigt gebliebene Umstände bei unsern Versuchen mitgewirkt haben. Bisjetzt haben wir uns beide vergebens bemüht dergleichen aufzufinden. Wir mufsten uns darauf beschränken durch neue, von einem veränderten Standpunkte ausgehende Versuche die gefundenen Resultate zu bekräftigen. So habe ich noch im Beginn des verflossenen Jahres 1866 eine Abhandlung über den Einfluſs der Absorption der Wärme auf die Bildung des Thaus veröffentlicht [1]), welche eine Vergleichung des Ausstrahlungsvermögens der trocknen und der mit Wasserdämpfen gesättigten Luft enthält. Bei dieser hatte sich unzweifelhaft herausgestellt, dafs so lange die in der Luft befindlichen Dämpfe vollkommen durchsichtig, also eigentliche Dämpfe sind, keine bemerkbare Verschiedenheit in dem Ausstrahlungsvermögen der trocknen und der mit Dämpfen gesättigten Luft vorhanden ist, dafs solche sowohl in Bezug auf Absorption als auf Ausstrahlung erst eintritt, wenn die Dämpfe sich nebelförmig auszusondern beginnen. Hiernach hat auch Hr. Tyndall seine Behaup-

1) Pogg. Ann. Bd. CXXVII, S. 613.

tung noch einmal aufrecht erhalten [1]), nachdem ist aber ein dritter Physiker als Schiedsrichter in dieser Sache aufgetreten.

Hr. Prof. Wild in Bern hat nämlich umfangreiche Versuche nach der Methode des Hrn. Tyndall ausgeführt und die Angaben desselben vollkommen bestätigt gefunden. Wer die Abhandlung [2]) des Hrn. Wild liest, wird sie mit dem Eindrucke fortlegen, dafs, wie es von einem so bewährten Physiker nicht anders zu erwarten ist, die darin enthaltenen Angaben vollkommen zuverlässig sind. Ich gestehe wenigstens, dafs es mir so ergangen ist, und dafs ich nicht begriff wie jene Ergebnisse mit meinen eignen Beobachtungen, von denen ich mir bewufst war sie mit aller Sorgfalt und ohne vorgefafste Meinung angestellt zu haben, zu vereinen seyen. Ich entschlofs mich deshalb die Sache noch ein Mal aufzunehmen, und zunächst die Versuche des Hrn. Wild genau zu wiederholen. Es war diefs leicht möglich, da Hr. Wild die Dimensionen seines Apparates genau angegeben hat, was ich mit grofsem Dank anerkenne, da, wie sich später zeigen wird, sehr viel von diesen Dimensionen abhängt. Die Einrichtung dieses Apparates war folgende:

Auf beiden Seiten der mit ihren Conen versehenen Thermosäule war eine, aufsen und innen polirte Messingröhre 60^{cm} lang und 6^{cm} im Durchmesser, horizontal so angebracht, dafs die Axen beider Röhren mit der der Thermosäule in ein und dieselbe gerade Linie fielen. In der Verlängerung dieser Linie und senkrecht gegen dieselbe war vor jeder Röhre ein geschwärzter Würfel aus Blech aufgestellt, in welchem Wasser durch eine Lampe im Kochen erhalten wurde. Diese Würfel, welche als Wärmequellen dienten, standen jeder 10^{cm} von dem Ende seiner Röhre entfernt, und ebenso weit lagen die andern Enden der Röhren von den Conen der Thermosäule ab. Zwischen

1) *Phil. Mag. T. XXXII, p.* 118.
2) Pogg. Ann. Bd. CXXIX, S. 57.

der einen dieser Röhren und ihrem Würfel war ein, mittelst einer Schraube beweglicher Schirm angebracht, durch den ein solcher Theil der Strahlen dieses Würfels aufgefangen wurde, dafs die Bestrahlung und Erwärmung der Säule auf beiden Seiten stets gleich war, und das mit dieser verbundene Galvanometer sich in der Ruhelage befand. In Abständen von 15^{cm} von jedem Ende waren beide Messingröhren mit seitlichen Oeffnungen zur Zuleitung und Fortführung der Luft versehn. Die der Thermokette zunächst befindlichen von diesen seitlichen Oeffnungen waren durch Caoutchouc-Schläuche mit zwei Röhren verbunden, von denen die eine in Schwefelsäure getränkte Bimmsteinstücke enthielt, während der Bimmstein der andern mit Wasser getränkt war. Diese den Bimmstein enthaltenden Röhren waren andererseits, durch ein gabelförmiges Rohr mit einer, mit einem Windfang versehenen Compressionspumpe aus Caoutchouc, wie sie für Löthrohrapparate benutzt wird, verbunden. Dadurch gelangte zu der einen der beiden Röhren trockne und zu der andern feuchte Luft. Um zu bewirken dafs diese sich in den Röhren verbreite und nicht am näheren offenen Ende entweiche, waren die andern beiden seitlichen Oeffnungen mit einer Luftpumpe verbunden. Später zog es Hr. Wild vor die von der Säule entfernteren seitlichen Oeffnungen mit der Compressionspumpe und die ihr zunächst befindlichen mit der saugenden Luftpumpe zu verbinden.

Statt der Druckpumpe aus Caoutchouc habe ich einen etwas gröfseren doppelten Blasebalg benutzt, auch wurden statt mit Wasser befeuchteter Bimmsteinstücke Glasstücke angewendet, im übrigen war der Apparat, den ich anwandte, dem beschriebenen ganz gleich. Die Luft wurde, wenn nichts anderes angegeben ist, bei meinen Versuchen durch die entferntere seitliche Oeffnung eingeblasen. Dabei erhielt ich auch dieselben Resultate wie Hr. Wild, Erwärmung der Säule beim Einblasen von trockner Luft, Erkaltung durch feuchte, nur waren die Ausschläge des Galvanometers noch etwas gröfser als er sie angiebt, wahrschein-

lich weil das Instrument, dessen ich mich bediente, empfindlicher war. Deshalb war es aber auch nicht erforderlich in die eine Röhre trockne und gleichzeitig in die andere feuchte Luft zu blasen und dann zu wechseln, sondern es genügte in dieselbe Röhre trockne und sodann feuchte Luft eintreten zu lassen. Auch fand ich bald, dafs die saugende Pumpe überflüssig war, denn die Ausschläge blieben dieselben, sie mochte angewendet werden oder nicht. Es ist diefs auch nicht auffallend, wenn man berücksichtigt wie gering die Menge der Luft ist, welche durch solche Pumpe fortgeschafft werden kann, und wie wenig sie deshalb auf die 6^{cm} weite, an beiden Enden offene Röhre, wirken kann.

Es gelang mir indefs bald zu erkennen, dafs der Widerspruch der jetzt erhaltenen Resultate gegen die früher von mir beobachteten auf einem bisher unbeachtet gebliebenen Umstand beruhe. Die Veranlassung dazu gab ein Versuch bei dem von folgender Betrachtung ausgegangen wurde.

Wenn in die erwähnten beiden Messingröhren keine Luft eingeblasen wird, und die Galvanometernadel befindet sich in der Ruhelage, so empfangen beide Seiten der Thermosäule gleich viel Wärme. Wenn alsdann in beide Messingröhren gleichzeitig trockne, oder in beide gleichzeitig feuchte Luft eingeblasen wird, so müfste das Galvanometer in der Ruhelage bleiben, vorausgesetzt dafs beide Röhren sich gleichmäfsig mit der eingeblasenen Luft füllen. Als indefs der Versuch angestellt wurde, zeigte sich, dafs das Galvanometer, wenn es beim Einblasen trockner Luft in beide Röhren in der Gleichgewichtslage war, beim Einblasen feuchter nicht darin verblieb, dafs also die beiden Seiten der Säule alsdann nicht mehr gleich viel Wärme empfingen. Durch Vertauschen der Röhren, Abänderung der Zuleitungen zu denselben u. dergl. m. überzeugte ich mich, dafs die Ursache dieser Verschiedenheit nicht auf einer verschiedenen Zuführung der Luft oder Verbreitung derselben in den Röhren, sondern auf einer verschiedenen

Beschaffenheit der Röhrenwände beruhte. War nämlich die eine Röhre im Innern leicht geschwärzt, so war die Verschiedenheit beim Einblasen der beiden Luftarten noch viel gröfser als zuvor.

Damit die Säule durch die geschwärzte Röhre ebenso viel Wärme als durch die polirte empfing, hatte die letztere durch den Schim stark abgeblendet werden müssen. Wurde nun die Wirkung der eingeblasenen Luft in jeder dieser Röhren für sich untersucht, so zeigte sich, dafs in der inwendig polirten die Erwärmung durch die trockne und die Erkaltung durch die feuchte Luft sehr stark, dagegen in der innen geschwärzten viel geringer war. Diefs war der Fall, wiewohl durch beide Röhren gleichviel Wärme zur Säule gelangte und in die inwendig geschwärzte viel mehr Wärme eintrat als in die theilweis durch den Schirm abgeblendete polirte. Nach diesem Versuch war es unzweifelhaft, dafs die Wand der Röhre einen bedeutenden Einflufs auf diese Erscheinung hatte.

Dadurch, dafs der Schirm die Wärme in das polirte Rohr nur durch ein Kreissegment gelangen liefs, konnte die gröfsere Wirkung der feuchten Luft in dieser Röhre nicht veranlafst seyn; um indefs auch diesem Einwande zu begegnen, wurde der Schirm ganz beseitigt und durch Vergröfserung der Entfernung des als Wärmequelle dienenden Würfels die einfallende Wärmemenge verringert. Wie vorauszusehen war, blieb der Erfolg derselbe.

Die Gröfse der Wirkung von der hier und in dem Folgenden die Rede ist, ist stets bezogen auf die gesammte, in jedem einzelnen Falle zur Säule gelangenden Wärme und ist nicht zu verwechseln mit dem beobachteten Ausschlage des Galvanometers. Die Bestimmung dieser gesammten Wärme geschah indem die eine Seite der Säule mittelst eines Schirmes abgeblendet und der, durch die Bestrahlung der andern Seite erfolgte Ausschlag des Galvanometers beobachtet wurde. Zu gröfserer Sicherheit wurde sodann auch die andere Seite abgeblendet und das Mittel aus beiden Werthen genommen. Der Ausschlag des Gal-

vanometers war hierbei fast stets so grofs, dafs die Scale zur Beobachtung nicht ausreichte. Für diesen Fall wurde eine Nebenschliefsung angebracht. Der Widerstand derselben stand zu dem des Galvanometers in solchem Verhältnifs, dafs die Ausschläge, wenn die Nebenschliefsung eingeschaltet war, 16 Mal kleiner ausfielen, als ohne sie. In dem Folgenden führe ich die in dieser Weise nach Procenten berechneten Werthe indefs nicht an, weil sie zu wenig zuverlässig sind; denn bei Versuchen die auf Einblasen von Luft in eine Röhre beruhen, kann man bei Wiederholung niemals denselben Zahlenwerth erwarten. Es blieb daher nur übrig jeden Versuch mehrmals zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen zu wiederholen, um dadurch die erforderliche Sicherheit zu erhalten. Bei den eben erwähnten Versuchen aber betrug die Erkaltung in der polirten Röhre etwa 3,75 Proc. und in der innen geschwärzten nur etwa 1,4 Proc.

Denselben Erfolg, der mit den Messingröhren erhalten worden, lieferten Röhren aus verzinntem Eisenblech, die ich vielfach bei diesen Versuchen anwandte.

Noch will ich bemerken, dafs die erwähnten Wirkungen nicht nur bei dunkler Wärme sich zeigten, sondern auch bei Anwendung von Wärmequellen von sehr hoher Temperatur. Denn wurde der Würfel, welcher vor der zur Beobachtung dienenden Röhre stand, durch eine Platinscheibe ersetzt, die durch einen Bunsen'schen Brenner auf einer der Weifsglühhitze nahen Temperatur erhalten war, so fanden die Erscheinungen in ganz ähnlicher Weise statt.

Wie grofs aber der Einfluſs der Röhrenwand bei den erwähnten Erscheinungen ist, geht noch aus Folgendem hervor. Wurde nämlich eine Metallröhre inwendig sehr stark mit Lampenschwarz überzogen, so war die Wirkung der eingeblasenen Luft gerade der entgegen, die in den polirten Röhren stattfand. Es trat dann Zunahme der Erwärmung beim Einblasen von feuchter und Abnahme durch trockne Luft ein. Derselbe Erfolg zeigte sich, wenn die

Röhre statt mit Lampenschwarz mit baumwollenem Sammet ausgekleidet war. Die gesammte Menge von Wärme, welche durch eine solche Röhre gelangt, ist überhaupt nur gering, daher ist auch die Zunahme beim Einblasen von feuchter Luft nicht bedeutend, aber sie ist sehr bestimmt vorhanden. Ich wage nicht sie in Procenten anzugeben, weil sie noch mehr von Zufälligkeiten abhängig ist als die Erkaltung in den polirten Röhren, aber sie betrug wenigstens 1 Proc.

Eine Röhre von Pappe, die inwendig ganz glatt war, liefs weder Erwärmung noch Erkaltung beobachten. Wurde aber Kohlensäure in diese Röhre eingelassen, so trat eine Erkaltung ein, die über 7 Proc. von der ganzen zur Säule gelangenden Wärme betrug. Bei einer andern Pappröhre aber, die inwendig mit etwas grobem Papier ausgekleidet war, hatte das Einblasen von feuchter Luft, wie bei der Sammetröhre, eine Erwärmung der Säule zur Folge. Wurde dieselbe Pappröhre aber inwendig mit dünnem Staniol überzogen, so fand die Wirkung gerade im entgegengesetzten Sinne, nämlich ganz wie bei den Metallröhren statt.

Wenn es hiernach keinem Zweifel unterliegt, dafs die Wand der Röhre die Erwärmung oder Erkaltung beim Einblasen feuchter Luft bedingt, so fragt es sich wodurch sie diese Wirkung hervorbringt.

Es ist früher von mir beobachtet worden [1]), dafs feste Körper, sowohl metallische als nicht metallische, Wasserdämpfe aus der sie umgebenden Luft anziehen und an ihrer Oberfläche verdichten. Zwar lassen sich diese verdichteten Dämpfe nicht durch das Auge wahrnehmen, allein die Erwärmung, welche eintritt, wenn eine feste Wand mit feuchter Luft von gleicher Temperatur in Berührung kommt, und die entsprechende Erkaltung durch trockne Luft, lassen keine andere Erklärung zu. Eine solche Verdichtung der Wasserdämpfe findet offenbar auch an der innern Wand der Röhre beim Einblasen feuchter Luft statt und es läfst

1) Pogg. Ann. Bd. CXXI, S. 174.

sich zeigen, dafs hierauf die von Hrn. Wild und früher von Hrn. Tyndall beobachteten Wirkungen beruhen.

Zunächst will ich anführen wie ich mich überzeugt habe dafs die Röhren sich in ihrer ganzen Länge beim Einblasen feuchter Luft mit Wasser bekleiden. Wurde nämlich eine lineare Thermosäule auf eine der angewandten Metallröhren aufsen so aufgesetzt, dafs die Berührungslinie parallel mit der Axe der Röhre war, so erwärmte sich dieselbe jedes Mal, sobald feuchte Luft eingeblasen wurde, und erkaltete, wenn dann trockne hineingelangte. Diese Erwärmung trat nicht nur ein wenn die lineare Thermosäule die Röhre aufsen an einer Stelle berührte, die der Oeffnung, durch welche die Luft in die Röhre einströmte, gegenüber lag, sondern auch wenn sie an irgend einer andern Stelle angebracht war, vorausgesetzt dafs sie die Röhre vollständig berührte.

Bedenkt man wie viel mehr Wärme vom Wasser als von einer polirten metallischen Oberfläche absorbirt wird, so leuchtet ein, dafs die innere Röhrwand von den auf sie fallenden Strahlen einen viel gröfseren Antheil absorbirt, wenn sie mit Wasser bekleidet, als wenn sie ganz trocken ist. Je mehr Wärme aber die Röhre absorbirt, um so weniger reflectirt sie und um so weniger gelangt zur Säule. Wahrscheinlich ist die Wirkung des Wassers in diesen Röhren noch dadurch gröfser, dafs dasselbe keine continuirliche Schicht bildet, sondern sich in einzelnen kleinen Massen ansetzt, welche die geringe Menge von Wärme, die nicht absorbirt worden, nach allen Richtungen zerstreuen.

Die Menge der Wärme, welche ausschliefslich durch Reflexion von der inneren Wand einer der erwähnten polirten Messingröhren, die mit trockner Luft gefüllt war, zur Säule gelangte, war etwa 6 Mal so grofs als die, welche direct, unter Fortlassung der Röhre, auf dieselbe fiel. Wenn aber $\frac{6}{7}$ von der Wärme, welche die Säule empfängt, reflectirt sind, so mufs jede Verminderung der Reflexion eine

fast ebenso grofse Verminderung der Erwärmung zur Folge haben.

Die Kohlentheile, welche die geschwärzte Röhre bedecken, wirken in ähnlicher Weise absorbirend wie die condensirten Wassertheile, nur in erhöhtem Maafse; daher wird ihre Absorption durch das abgesetzte Wasser wenig oder gar nicht vermehrt. Aus diesem Grunde beobachtet man keine Erkaltung beim Einblasen von feuchter Luft in die stark geschwärzte oder in die mit Sammet ausgekleidete Röhre. Im Gegentheil wurde, wie oben erwähnt, eine Erwärmung beobachtet. Diese entsteht offenbar durch die Verdichtung der Dämpfe an der Wand der Röhre. Denn wenn gar keine Wärmequelle angewendet wurde und man blies feuchte Luft in eine dieser Röhren, so erwärmte sich die Säule ebenfalls. Bei polirten metallischen Röhren liefs sich von dieser Erwärmung nur in seltenen Fällen etwas wahrnehmen; ohne Zweifel weil die Wärme, sobald sie frei wurde, sich sogleich durch die ganze Masse des Metalls verbreitete. Bei dem schlecht leitenden Kienrufs konnte diefs nicht geschehen und bei dem Sammet noch weniger, deshalb war bei Anwendung der Sammetröhre die Erwärmung auch noch stärker als bei dem Kienrufs.

Von einer Bewegung der feuchten Luft bis zur Säule stammte diese Erwärmung nicht, denn sonst hätte sie bei allen diesen Röhren sich zeigen müssen, da sie sämmtlich genau von denselben Dimensionen waren. Uebrigens darf nicht unerwähnt bleiben, dafs die Erwärmung, welche die feuchte Luft in diesen Röhren bei fehlender Wärmequelle hervorbrachte, gröfser war als die Zunahme der Erwärmung, welche bei Anwendung der geheizten Würfel durch Einblasen erfolgte.

Obgleich, wie ich glaube, durch die erwähnten Versuche die Art, wie die Wasserdämpfe wirken, schon hinreichend festgestellt ist, schien es mir doch wünschenswerth diese Wirkung auch noch in anderer Weise darzuthun. Zu dem Ende liefs ich eine Röhre so vorrichten, dafs man sie bequem auf verschiedenen Temperaturen erhalten konnte.

Eine Blechröhre von den angegebenen Dimensionen wurde mit einer weiteren Blechröhre concentrisch umgeben. Der Zwischenraum zwischen beiden, der 18^{mm} betrug, konnte mit Wasser von verschiedenen Temperaturen gefüllt werden. Um die Abkühlung desselben möglichst zu verringern, war die äufsere Röhre mit mehreren Lagen eines dicken, losen, wollenen Zeuges umgeben. Wenn die Temperatur dieser im Innern ganz blanken Doppelröhre genau dieselbe wie die der eingeblasenen Luft war, so verhielt sie sich ganz wie die oben erwähnte Messingröhre. War dagegen die Temperatur ihrer inneren Wandung nur wenige Grade niedriger als die der eingeblasenen feuchten Luft, so nahm die Temperatur der Säule in solchem Maafse ab, dafs das Galvanometer ganz aus der Scale hinausging. Bis diese Abnahme der Temperatur ihren äufsersten Werth erreichte, verging mehr Zeit als in dem Falle, wo die Temperatur der Röhre dieselbe wie die der eingeblasenen Luft war. Offenbar füllte sich in beiden Fällen die Röhre innerhalb derselben Zeit, allein die grofse Menge von Dämpfen, welche sich an der kälteren Röhre absetzte, machte eine gröfsere Menge feuchter Luft nöthig, deren Eintreten längere Zeit erforderte. War das Maximum der Erkaltung eingetreten und man blies dann trockne Luft ein, so erfolgte die Wiederaufnahme des Wassers, und in Folge davon die Zunahme der Temperatur zwar etwas rascher als vorher die Abnahme, allein sie erforderte auch viel längere Zeit als wenn die Röhre dieselbe Temperatur wie die eingeblasene Luft hatte, weil wiederum eine grofse Menge trockner Luft erforderlich war um das gebildete Wasser aufzunehmen.

War die Temperatur der Doppelröhre höher als die der eingeblasenen Luft, so trat auch noch eine Wirkung in dem Sinne ein, wie ihn Hr. Wild angiebt, jedoch fiel dieselbe um so geringer aus je höher die Temperatur der Doppelröhre war. Selbst wenn diese 38° C. betrug, und es wurde abwechselnd trockne und feuchte Luft eingeblasen, die nur die Temperatur des Zimmers, 16 bis 17° C. hatte,

so fand noch eine Abkühlung beim Einströmen der feuchten und eine Erwärmung durch die trockne Luft statt. Da dieser Erfolg sehr unerwartet war, so überzeugte ich mich noch auf anderem Wege, daſs in der That eine Verdichtung der Dämpfe an der Röhrwand stattfindet, selbst wenn die eingeblasene feuchte Luft noch weit von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist.

Zu dem Zwecke wurde eine Thermosäule in einen Raum gebracht, der constant die Temperatur von 38° C. hatte. Die eine Seite dieser Säule war durch eine gut schlieſsende Kappe verschlossen. Daher währte es ziemlich lange bis sie auf beiden Seiten die Temperatur des Raumes angenommen hatte, und das Galvanometer sich in der Ruhelage befand. Dann wurde Luft gegen die offene Seite der Säule geblasen, welche die gleiche Temperatur mit ihr hatte. Um sie auf diese zu bringen, war im Innern des erwähnten, auf 38° C. erwärmten Raumes eine enge Röhre aus Messing von 2^{mm} Durchmesser angebracht, die hin und her gebogen 4 Meter lang war. Durch diese ging die eingeblasene Luft und erwärmte sich auf diesem langen Wege bis zu derselben Temperatur wie die Säule. War sie vor ihrem Eintritt in die enge Röhre auch nur bei 16° C. mit Wasserdämpfen gesättigt, so erwärmte die Säule sich und erkaltete dagegen wenn die Luft trocken war. Diese Wirkung trat ein sowohl wenn die Säule mit Kienruſs überzogen, als wenn sie vollkommen blank und metallisch war. Es fand folglich hier eine Verdichtung der Dämpfe aus Luft statt, deren Temperatur 22° C. höher als ihr Thaupunkt war, und zwar an einer Wand, welche dieselbe Temperatur wie diese Luft hatte.

Diese Erscheinung war sehr überraschend und ich beabsichtige mich ausführlicher mit diesem Anlegen der Dämpfe an die festen Wände, die ich als Vaporhäsion bezeichnen werde, zu beschäftigen.

Da die Erkaltung, welche beim Einblasen feuchter Luft in eine der erwähnten Messingröhren eintritt, auf einer veränderten Reflexion an der Wand der Röhre beruht, so

könnte man erwarten, dafs wenn ausschliefslich reflectirte Wärme zur Säule gelangt, diese Erkaltung in noch höherem Maafse eintreten müfste. Mittelst eines ebenen oder concaven Metallspiegels läfst sich leicht erreichen, dafs nur reflectirte Wärme zur Säule gelangt. Allein wie mannigfach der Versuch auch abgeändert wurde, so war doch kein Unterschied in der Erwärmung der Säule zu beobachten, es mochte feuchte oder trockne Luft gegen den Spiegel geblasen werden. Der Grund weshalb die Reflexion von einem solchen Spiegel anders als die von der Röhrwand wirkt, liegt, wie ich glaube, zunächst darin dafs die Verdichtung der Dämpfe an dem Spiegel, gegen den die Luft geblasen wird, niemals so vollständig erfolgen kann als in der mit feuchter Luft ganz erfüllten Röhre; besonders aber beruht diese Verschiedenheit darauf, dafs an dem Spiegel nur eine einmalige, in der Röhre dagegen eine wiederholte Reflexion jedes Strahles stattfindet. Für diejenigen Strahlen, welche in einer durch die Axe der Röhre gehenden Ebene liegen, ist die Zahl der Reflexionen, welche sie erleiden, nur gering, für alle übrigen ist sie bedeutender, besonders wenn der Winkel, den die Reflexionsebene mit der durch die Axe und den reflectirenden Punkt gehenden Ebene macht, nur etwas grofs ist, denn dann wird jeder in derselben liegende Strahl so oft reflectirt, dafs er gleichsam eine Spirale bildet, die sich über die ganze Länge der inneren Röhrwand erstreckt. Da die Verminderung der Intensität, welche die Strahlen durch Reflexion an der mit Wasser bedeckten Fläche erleiden, bei wiederholten Reflexionen nach steigenden Potenzen mit der Anzahl derselben wächst, so leuchtet ein, dafs das durch die Vaporhäsion ausgeschiedene Wasser in der Röhre ganz anders wirkt als das auf dem Spiegel. War übrigens die Temperatur dieses letzteren auch nur wenige Grade niedriger als die der Luft, welche gegen ihn geblasen wurde, so war auch bei Anwendung des Spiegels die Erkaltung durch feuchte Luft sehr bestimmt vorhanden. Allein dann konnte man auch fast jedes Mal einen Niederschlag von Wasser auf demselben wahrnehmen.

Von andern Dämpfen habe ich bis jetzt nur die des Alkohols untersuchen können; da die Dämpfe aus der Röhre in das Arbeitszimmer entweichen, so sind fast alle übrigen bei diesem Verfahren ausgeschlossen. Die des Alkohols aber bieten die Erscheinung der Wasserdämpfe in erhöhtem Maafse dar. Die Erkaltung welche, wenn die Würfel ihre Wärme gegen die Säule strahlten, beim Einblasen von Alkohol haltender Luft in eine der Messingröhren erfolgte, war so grofs, dafs sie auf gewöhnliche Weise nicht beobachtet werden konnte, sondern die Nebenschliefsung angewendet werden mufste. Auch in der geschwärzten wie in der Sammetröhre war die Wirkung viel stärker als beim Einblasen von Wasser haltender Luft, doch bedurfte es bei diesen der Nebenschliefsung für die Beobachtung nicht mehr. Ebenso trat in der Pappröhre, in der sich beim Einblasen der Wasserdämpfe keine oder eine kaum merkbare Wirkung, wie oben erwähnt, gezeigt hatte, durch die Alkoholdämpfe Erkaltung ein.

Auch in der Doppelröhre war die Wirkung der Alkoholdämpfe viel stärker als die der Wasserdämpfe. Wenn die Temperatur dieser Röhre 20°,25 C. war und die mit Alkoholdämpfen gesättigte Luft hatte nur 13°,5 C., so war die Erkaltung noch so stark, dafs das Galvanometer aus der Scale herausging und die Nebenschliefsung für die Beobachtung benutzt werden mufste, und ebenso verhielt es sich als das Rohr 37° C. hatte, seine Temperatur also 23°,5 über der war, bei welcher die Luft sich mit Alkoholdämpfen gesättigt hatte.

Diese starke Wirkung der Alkoholdämpfe liefs auf eine grofse Vaporhäsion derselben schliefsen, und diese zeigte sich auch als sie ohne Anwendung einer Wärmequelle in die Röhren eingeblasen wurden, denn sowohl in der Messingröhre als in der geschwärzten, sowie in der Sammetröhre trat Erwärmung ein, und in allen viel stärker als durch die Wasserdämpfe, besonders in der Messingröhre, in der die Wasserdämpfe gar keine Wirkung hervorgebracht hatten. Aber die Alkoholdämpfe absorbiren

auch aufserdem noch die Wärmestrahlen, wie aus folgendem Versuche hervorgeht.

Vier enge Messingröhren von 8^{mm} Durchmesser und 66^{cm} Länge lagen in Abständen von 12^{mm} horizontal nebeneinander. Jede derselben enthielt 40 feine Löcher in einer Reihe, 12^{mm} von einander entfernt. Das eine Ende dieser Röhren war geschlossen, am andern waren alle vier durch eine Querröhre verbunden, die mit dem Blasebalg in Verbindung stand. Da die feinen Löcher dieser Röhren alle nach oben gewendet waren, so erhielt man beim Einblasen eine Anzahl feiner, von unten nach oben gerichteter Luftströme. Dieses Röhrensystem wurde an die Stelle einer der Messingröhren zwischen der Säule und dem Würfel so angebracht, dafs die Wärmestrahlen nur durch jene Luftströme zur Säule gelangen konnten.

War die eingeblasene Luft mit Alkoholdämpfen gesättigt, so erfolgte eine bedeutende Erkaltung. War die Luft dampffrei, so nahm die Säule ihre frühere Temperatur wieder an. Hier war kein reflectirender Körper vorhanden, die Erkaltung der Säule konnte daher nur dadurch entstehen, dafs die Wärmestrahlen durch die Alkoholdämpfe absorbirt wurden.

Ganz anders verhielt es sich mit den Wasserdämpfen, denn wurde abwechselnd mit Wasserdämpfen gesättigte und ganz trockne Luft durch diefs Röhrensystem geblasen, so war keine Aenderung in der Erwärmung der Säule zu beobachten. Dieser Versuch ist sehr oft wiederholt worden und stets mit demselben Erfolg.

Wurde statt der feuchten Luft Kohlensäure aus diesen Röhren geblasen, so trat jedesmal eine Erkaltung ein.

Hierdurch wird, wie ich glaube, meine frühere Behauptung, dafs zwischen dem Absorptionvermögen der feuchten und dem der trocknen Luft kein mit Sicherheit festzustellender Unterschied vorhanden ist, vollkommen bestätigt.

Beruhte, wie die HH. Tyndall und Wild behaupten, die starke Erkaltung, welche sie beim Einblasen feuchter Luft in die von ihnen benutzten polirten Metallröhren er-

halten haben, auf einer entsprechenden Absorption der Wärme durch die Wasserdämpfe, so müfste sie bei allen Röhren, wie verschieden auch ihre innere Fläche beschaffen seyn mochte, in gleichem Maafse vorhanden seyn. Zwar ist der Weg, den die Strahlen in den inwendig polirten Röhren durchlaufen, wegen der mehrfachen Reflexion, gröfser als in den übrigen, allein dadurch könnte eine bedeutendere Steigerung der Absorption nicht entstehen, und relativ zu der gesammten aus der Röhre austretenden Wärme würde der absorbirte Antheil sehr nahe derselbe bleiben müssen. In keinem Falle könnte eine Zunahme statt einer Abnahme der Temperatur beim Einblasen feuchter Luft entstehen, wie sie bei der inwendig stark geschwärzten und der Sammtröhre, ja sogar bei einer der Pappröhren sich gezeigt hat.

Der Vorgang in den Röhren ist, wie schon erwähnt, ziemlich zusammengesetzter Art. Denn zunächst wird durch die Verdichtung der Dämpfe, oder die Vaporhäsion, an der Röhrenwand Wärme frei, die zwar in den polirten Metallröhren, wegen ihres Leitungsvermögens nicht wahrzunehmen ist, wohl aber in den schlecht leitenden Sammetröhren oder den stark geschwärzten Metallröhren; ferner verringern die abgesetzten Wassertheile die Reflexion der Wärme, aber aufserdem gelangt auch Luft zur Säule und bringt dadurch, je nachdem sie trocken oder feucht ist, Erkaltung oder Erwärmung hervor.

Nur bei ganz bestimmten Dimensionen der Röhren, wie die, welche die HH. Wild und Tyndall benutzten, und die auch bei dieser Untersuchung angewendet wurden, gelangt keine Luft zur Säule. Aber auch bei diesen Dimensionen nur unter gewissen Bedingungen.

Hr. Wild giebt selbst bei der zweiten Reihe seiner Versuche an, dafs er die Luft stets durch die von der Säule entferntere seitliche Oeffnung in die Röhre geleitet habe, weil dadurch der störende Einfluss von Luftströmungen gegen die Säule vermieden worden. Aber selbst wenn das Einleiten durch jene entferntere Oeffnung stattfindet,

gelangt die Luft doch noch zur Säule, sobald die Röhre an ihrem, der Säule zunächst befindlichen Ende, ein wenig verengt wird, sey es durch Einlegen eines Ringes oder durch ein an der Röhre befestigtes Diaphragma. Je kleiner die Oeffnung dieses letzteren ist, um so mehr Luft kommt bis zur Säule.

Befindet sich das Diaphragma an dem von der Säule entfernteren Ende, so gelangt weniger Luft zu dieser als wenn es vor dem ihr zunächst befindlichen angebracht ist, und sind an beiden Enden Diaphragmen vorhanden, so gelangt nicht mehr Luft zur Säule als wenn nur eins an dem der Säule nächsten Ende angebracht ist.

Dieſs könnte auffallend erscheinen, allein man muſs bedenken, daſs durch das Vorhandenseyn von Diaphragmen an den Enden der Röhre die Verbreitung der Luft im Innern derselben nicht geändert wird, so lange die Oeffnungen noch groſs genug sind, um die Luft in demselben Maaſse ausströmen zu lassen, wie sie zuströmt. Es gelangt daher nach jedem Ende der Röhre gleich viel Luft, mag ein Diaphragma an demselben vorhanden seyn oder nicht. Je enger die Oeffnung in diesem ist, um so gröſser ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft herausströmt, und um so weiter setzt sie ihren Weg fort.

Bei den Röhren von 60^{mm} Durchmesser gelangte, wenn sie mit einem Diaphragma an dem der Säule zugewandten Ende versehen waren, selbst bei ganz schwachem Blasen oder wenn die Hähne der Zuleitung halb geschlossen waren, noch Luft zur Säule, sobald der Durchmesser des Diaphragmas nur ein wenig kleiner als der Conus der Säule war, dessen Oeffnung 56^{mm} im Durchmesser hatte. Denn wurde feuchte Luft in die so vorgerichtete Röhre ohne Benutzung einer Wärmequelle eingeblasen, so erfolgte zwar nicht regelmäſsig, aber fast jedes Mal eine Erwärmung.

Es wurde auch versucht die Bewegung der Luft in den Röhren sichtbar zu machen. Zu dem Zwecke ging die Luft erst durch ein Gefäſs, das etwas concentrirte Chlorwasserstoffsäure enthielt, und sodann durch ein anderes mit

Ammoniak und wurde, so mit Nebel von Salmiak gemischt, in eine Glasröhre von ähnlichen Dimensionen wie die erwähnten Messingröhren und unter demselben Drucke wie in jene eingeblasen. Die Nebel strömten aus den engeren Oeffnungen der Diaphragmen viel weiter hervor als aus den weiteren, wodurch die soeben angeführte Wirkung derselben Bestätigung fand. Aber es zeigten die Versuche auch, dafs die Bewegung der Luft in diesen weiten Röhren aufserordentlich leicht gestört wird, und dafs daher die ganze Methode sich zu messenden Bestimmungen durchaus nicht eignet.

Ich bedaure bei meinen früheren Versuchen keine Röhren angewendet zu haben, die einen gröfseren Durchmesser als der Conus der Säule hatten, denn dann würde ich vielleicht schon damals ähnliche Resultate wie die HH. Tyndall und Wild erhalten haben. Allein da weitere Röhren sich nicht so vollständig mit Luft füllen wie engere und da zur Beobachtung der Absorption es keiner besonders weiten Röhren bedarf, so sah ich mich nicht veranlafst die Versuche auf solche Röhren auszudehnen.

Schliefslich mufs ich noch in einer andern Beziehung auf die Abhandlung des Hrn. Wild zurückkommen. Es sind von demselben auch Versuche nach einer Methode ausgeführt, die er mit meinem Namen bezeichnet hat. Trotz mannigfacher Abänderungen derselben ist es ihm nicht gelungen sichere Resultate damit zu erlangen. Er schliefst mit der für mich schmeichelhaften Wendung, dafs diese Methode in meinen Händen vielleicht brauchbarere Resultate liefern möchte. Ich hege die Ueberzeugung, dafs, was in meinen Händen brauchbar, in denen des Hrn. Wild sich ebenfalls bewähren mufs. Auch würde derselbe nach jener Methode genügende Resultate erhalten haben, wenn sein Apparat nicht in dem wesentlichsten Theile von dem von mir benutzten verschieden gewesen wäre. Will man, wie ich es gethan habe, zur Vermeidung von Steinsalz oder andern die Röhre begränzenden Platten, das eine Ende derselben als Wärmequelle für die in derselben angebrachte

Thermosäule benutzen, so leuchtet zunächst ein, dafs Luftströmungen nur zu vermeiden sind, wenn die Röhre vertical steht und an ihrem oberen Ende erwärmt wird. Allein wenn, selbst bei solcher Stellung der Röhre, diese aus Metall besteht, so erwärmt sich bald der dem erwärmten Ende zunächst befindliche Theil der Wand und sendet seine Strahlen auf die Säule. Zugleich erwärmt sich die mit dieser Wand in Berührung befindliche Luft und dadurch entstehen Strömungen, welche die Temperatur der Säule schwankend und eine Beobachtung unmöglich machen. Um solche Strömungen zu vermeiden, habe ich Röhren aus Glas angewendet, und den zu erwärmenden oberen Theil derselben so dünn als möglich aus Glas blasen lassen. Auch wurde die Anwendung von Metall für das Kochgefäfs vermieden und für diesen Zweck nur ein dünnes Gefäfs aus Glas so auf das zu erwärmende Ende der Röhre aufgeschmolzen, dafs sein Boden den Verschlufs derselben bildete. Aufserdem betrug der Querschnitt dieses Bodens nur etwa $\frac{1}{4}$ von dem der Röhre, damit die Erwärmung sich auf eine möglichst kleine Fläche beschränkte.

Ich habe geglaubt, dafs diese Einrichtung aus der Abbildung, die ich von dem Apparate gegeben habe, hinreichend ersichtlich sey. Dazu kommt noch, dafs nach jedem Auspumpen und Einlassen von Luft so lange gewartet wurde, bis die Röhre und die Säule die Temperatur der Umgebung vollständig wieder angenommen hatten, wozu gewöhnlich mehr als $\frac{1}{4}$ Stunde erforderlich war, während dieser Zeit nahm dann auch das Glas in der Nähe des Kochgefäfses die Temperatur der Umgebung vollständig wieder an; wenn dann wieder kochendes Wasser in dasselbe eingegossen und durch eingeleitete Dämpfe im Kochen erhalten wurde, so konnte schon nach ganz kurzer Zeit, innerhalb welcher nur eine geringe Erwärmung des in der Nähe befindlichen Glases eingetreten war, die Beobachtung durch Oeffnen des im Innern der Röhre befindlichen Schirms ausgeführt werden. Ich bin überzeugt, dafs Hr. Prof. Wild mit einem so eingerichteten Apparate ganz ähnliche Resul-

tate wie ich erhalten haben würde. Obgleich ich bekenne, dafs dieser Apparat wegen seiner Zerbrechlichkeit und wegen des langen Wartens von einer Beobachtung zur andern weder leicht noch angenehm anzuwenden ist, und obgleich die Sicherheit, die er gewährt, vieles zu wünschen läfst, so hat er sich doch in sofern bewährt, als er mich das Verhalten der Wasserdämpfe hat richtig erkennen lassen. Hauptsächlich mögen dazu die im Innern desselben befindlichen Diaphragmen beigetragen haben, weil sie nur wenige reflectirte Strahlen zur Säule gelangen liefsen.

Durch die bisher unbekannt gewesene Aenderung der Reflexion, welche die an der Wand der Röhre verdichteten für das Auge nicht wahrnehmbaren Wasserdämpfe hervorbringen, scheint mir die Ursache der Differenz zwischen Hrn. Tyndall und mir aufgefunden zu seyn. Denn es ist begreiflich, dafs dieser und ebenso auch Hr. Wild die starke Erkaltung der Säule, welche sie beim Einblasen feuchter Luft beobachteten, von einer entsprechenden Absorption durch die Wasserdämpfe herleiteten. Allein ich bin überzeugt, dafs, wenn Hr. Tyndall oder Hr. Wild jetzt die Versuche mit inwendig stark geschwärzten oder mit Sammet ausgekleideten Röhren wiederholen sollten, sie die Ansicht theilen werden, dafs die Wasserdämpfe ein so grofses Absorptionsvermögen nicht besitzen.

Dann wird auch Hr. Wild die Behauptung, dafs die Meteorologie die grofse Absorption der Wärme durch den Wasserdampf ohne Zaudern als Erklärungsprincip verwerthen könne, nicht ferner aufrecht erhalten wollen.

III. *Ueber die Diffusion von Flüssigkeiten; von E. Voit.*

Die grofse Wichtigkeit, welche das Gesetz der Diffusion von Flüssigkeiten für die Erklärung der Osmose zu versprechen scheint, war die Veranlassung einer Reihe von Untersuchungen, sowohl in experimenteller wie theoretischer Richtung. Dennoch sind bis heute die Beobachtungen von Graham nicht nur als die ersten, sondern auch als die einzigen zu bezeichnen, welche in umfassender Weise die Diffusion von Flüssigkeiten behandeln. Die Thatsache, dafs eine Salzlösung mit einem Lösungsmittel übergossen, sich der Schwere entgegen allmählich in demselben verbreitet, war schon vor Graham allgemein bekannt; der englische Gelehrte machte aber zuerst darauf aufmerksam, dafs die Geschwindigkeit der Verbreitung für verschiedene Lösungen sehr ungleich ist, und erhielt aus seinen sehr umfangreichen Versuchen [1]) folgende bemerkenswerthe Resultate:

In gleichen Zeiten treten aus einem mit einer Salzlösung gefüllten Gefäfs in das umgebende destillirte Wasser Salzmengen über, welche proportional sind dem Gewicht des anfänglich in der Lösung enthaltenen Salzes. Nur für weniger concentrirte Lösungen sey dieses Gesetz richtig.

Eine Erhöhung der Temperatur vermehrt die Menge der diffundirenden Substanz beträchtlich.

Verschiedene Körper zeigen ein sehr ungleiches Diffusionsvermögen. Ein einfacher Zusammenhang zwischen dem Diffusionsvermögen und dem Atomgewicht oder dem specifischen Gewicht der gelösten Substanz läfst sich nicht nachweisen. Graham macht aber die Bemerkung, dafs mehre isomorphe Salze nahezu gleiche Diffusibilität besitzen und dafs eine Beziehung zwischen dem Diffusionsvermögen und dem Siedepunkt bestehe.

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXXVII, 56, 129, u. Bd. LXXX, 197.

Gemischte Salzlösungen, deren Salze sich nicht chemisch verbinden, diffundiren nicht völlig unabhängig von einander; die Ungleichheit in ihrem Diffusionsvermögen wird erhöht.

Doppelsalze können in Folge des ungleichen Diffusionsvermögens eine chemische Zersetzung durch Diffusion erfahren.

Die Methode, nach welcher Graham die Versuche anstellt, giebt, wie später nachgewiesen werden soll, kein richtiges Maafs für das Diffusionsvermögen der Substanzen; es können die von ihm gefundenen Verhältnifszahlen nicht als genau angesehen werden, und noch weniger ist es möglich Schlüsse über den Diffusionsvorgang aus den Versuchen zu ziehen.

Es gebührt Fick [1]) das Verdienst, durch eine theoretische Betrachtung einen Schritt weiter in dieser Erkenntnifs gethan zu haben. Fick macht nämlich die sehr wahrscheinliche Annahme, dafs in einem Zeitelement der Uebergang der Salzmenge aus einer Schicht in eine benachbarte, proportional sey dem Flächeninhalt und der Concentrationsdifferenz beider Schichten. Die Richtigkeit dieser Hypothese sucht er durch die Bestimmung der Concentration zu zeigen, welche nach Eintritt des Beharrungszustandes in den verschiedenen Höhen des Diffusionsgefäfses herrscht. Da aber kein Erkennungs-Mittel angegeben werden kann, wann der stationäre Zustand eingetreten ist, und überdiefs die Versuche nicht zahlreich genug sind, so mufs die gemachte Annahme noch als unbewiesen betrachtet werden. In welchem Maafse die für Kochsalz ermittelte Diffusionsconstante auf Genauigkeit Anspruch machen kann, ist wegen der sehr dürftigen Angabe der Versuche nicht zu entscheiden.

Kurz nach dem Erscheinen von Fick's Abhandlung beschäftigte sich Beilstein [2]) ebenfalls mit der Diffusion, bedient sich aber bei den Versuchen einer anderen Methode als seine Vorgänger, indem er die Ungewifsheit

1) Pogg. Ann. Bd. XCIV, S. 59.
2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. XCIX, S. 165.

zu umgehen sucht, welche darüber herrschen muſs, wann der Beharrungszustand eingetreten ist. Während Fick diesen Zustand nur nach einer langen Zeit erreichen kann, will Beilstein denselben dadurch hervorrufen, daſs er die Lösung im Diffusionsgefäſs durch Strömung immer auf gleicher Concentration erhält. Seine Methode entspricht aber keineswegs dieser Forderung, da es nach derselben nicht möglich ist, in dem ganzen Diffusionsgefäſs eine constante Mischung zu erzielen. Es können daher die aus seinen Beobachtungen berechneten Verhältniſszahlen der Diffusionsconstanten nicht unbedeutend von der Wahrheit sich entfernen, und die Abweichungen von dem Gesetz, das Fick aufgestellt, sind vielleicht aus der Ungenauigkeit der Methode zu erklären. Beide Fragen sollen später discutirt werden.

Da bisjetzt noch kein ausreichendes Mittel gefunden wurde, um die Diffusionsconstante aus Beobachtungen, welche im Beharrungszustand angestellt sind, zu berechnen, so ist die Abhandlung von Simmler und Wild[1]) ein anerkennenswerther Fortschritt. Es wird in derselben darauf aufmerksam gemacht, daſs es unter gewissen Bedingungen möglich ist, die Berechnung der Constanten auch für einen nicht stationären Zustand anzustellen. Die Verfasser führen einige Beispiele weiter aus, und geben gleichzeitig Methoden an, nach welchen solche Beobachtungen anzustellen sind. Die Formeln von Simmler und Wild erlauben, die Fehler der nach den verschiedenen Methoden gefundenen Diffusionsconstanten zu schätzen, und da eine solche Betrachtung nicht ohne Interesse ist, so mag es gestattet seyn, eine kleine Discussion der vorhandenen Beobachtungen folgen zu lassen.

Graham füllt kleine Flaschen, deren Form aus der in halber Gröſse ausgeführten Zeichnung (Fig. 1 Taf. V) ersichtlich ist, bis an den Rand des Halses mit der Lösung des zu prüfenden Körpers. Den Hals selbst füllt er mit reinem Wasser, nachdem das Gefäſs in einen Wasserbe-

1) Pogg. Ann. Bd. C, S. 217.

hälter eingesenkt ist, und bestimmt nach einiger Zeit die Menge des gelösten Körpers, welche in den äufseren Behälter übergetreten ist. An eine genaue Berechnung der Versuche ist nicht zu denken, da die Aenderungen im Querschnitt des Gefäfses von Graham nicht angegeben sind; auch würden die Formeln, wie schon Wild erwähnt, allzu complicirt ausfallen. Dennoch ist es möglich anzugeben, in welcher Richtung die Resultate Graham's fehlerhaft sind, wenn man das Diffusionsgefäfs durch ein anderes mit constantem Querschnitt ersetzt denkt. Wenn dieser dem Querschnitt α (Fig. 1 Taf. V) der Halsöffnung gleich angenommen wird, so ist die ganze in dem hohlen Cylinder A (Fig. 1) enthaltene Salzmenge vernachlässigt, ein Fehler, der durch entsprechende Vertiefung des Gefäfses geringer gemacht werden kann.

Bezeichnet man mit u_0 die anfängliche Concentration der der Diffusion unterworfenen Salzlösung, d. h. die Quantität Salz, welche in der Volumseinheit Lösung enthalten ist, mit q den Querschnitt, mit h die ganze Höhe des Diffusionsgefäfses, mit h_1 die von oben nach unten gerechnete Höhe der Wasserschicht, welche in dem Gefäfs über die Salzlösung gefüllt ist, sodann mit k die Diffusionsconstante d. h. die Salzmenge, welche beim Beharrungszustand in der Zeiteinheit durch die Einheit des Querschnitts fliefsen würde, wenn die Höhe des ganzen Diffusionsgefäfses gleich der Längeneinheit wäre, und an seinen Enden der Concentrationsunterschied 1 stattfände; endlich mit T die Dauer des Versuches. Unter Beibehaltung dieser von Stefan und Wild eingeführten Bezeichnungen, erhält man die ganze in der Zeit T aus dem Diffusionsgefäfs austretende Salzmenge durch die Formel [1])

$$Q = \frac{8u_0 q h}{\pi^2} \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{\cos\frac{2p+1}{2h}\pi h_1}{(2p+1)^2} \left\{1 - e^{-\left(\frac{2p+1}{2h}\pi\right)^2 k T}\right\}$$

Nach dieser Gleichung ist die aus dem Diffusionsgefäfs

1) A. a. O. S. 226.

tretende Salzmenge proportional der anfänglichen Concentration μ_0; auch Graham nimmt dieses Gesetz für Lösungen von geringer Concentration durch seine Versuche [1]) als bewiesen an. Da die oben aufgestellte Definition der Concentration nicht vollständig mit der von Graham übereinstimmt, so ist, wenn man erstere einführt:

Für das Verhältnifs der anfänglichen Concentrationen von Kochsalzlösung	Das Verhältnifs der Diffusionsproducte. (Im Mittel aus drei Beobachtungen)
1,00	1,00
1,99	1,99
2,98	2,92
3,97	3,93

Für Lösungen von stärkerer Concentration findet Graham das Gesetz nicht bestätigt; diese Abweichung erhält eine genügende Erklärung aus der bei der Herleitung obiger Formel gemachten Vernachlässigung, ohne dafs die von Fick aufgestellte Hypothese als unrichtig verworfen werden mufs.

Die Gröfsen Q sind nicht genau den Werthen von k und T proportional; es läfst sich deshalb erwarten, dafs bei den Versuchen von Graham die Diffusionsproducte nicht der Versuchsdauer und der Diffusionsconstante direct proportional sind. Durch numerische Rechnung nach obiger Formel erhält man das Resultat, dafs die Diffusionsproducte nur wenig rascher wachsen, als die Gröfsen T und k zunehmen. Schon Graham sagt, die Diffusionsproducte seyen nicht genau proportional der Versuchsdauer, nur für geringe Werthe von T könne dieſs angenommen werden. Wichtiger ist es aber, dafs die Verhältnifszahlen der von Graham gefundenen Diffusionsproducte keineswegs die richtigen Verhältnisse der Diffusionsconstanten sind, so dafs diese Zahlenwerthe aufserordentlich an ihrer Wichtigkeit einbüfsen.

Von einer numerischen Berechnung der Diffusionsconstante aus den Graham'schen Versuchen mufs man voll-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXXVII, S. 64 und 66.

ständig absehen, da hierfür die gemachten Annahmen zu wenig mit den Versuchen übereinstimmen würden.

Fick hat nur mit Kochsalzlösungen Beobachtungen angestellt und aus denselben für verschiedene Temperaturen die Diffusionsconstante berechnet. Die Einheiten, welche er dieser Rechnung zu Grunde legt, sind andere als die in der vorliegenden Abhandlung gebrauchten. Führt man letztere ein, nimmt man also als Längeneinheit 1 Centim., als Volumseinheit 1 Cubikcentim., als Gewichtseinheit 1 Gr. und als Zeiteinheit 1 Tag, so erhält man durch Interpolation folgende Werthe der Diffusionsconstante:

Für Grade C.	Diffusionsconstante
16	0,888
17	0,934
18	0,978
19	1,000
20	1,017
21	1,033

Die Genauigkeit dieser Zahlenwerthe kann, wie schon früher erwähnt, nicht angegeben werden.

Behält man die oben gebrauchten Bezeichnungen bei, so ist die von Beilstein zur Berechnung seiner Versuche aufgestellte Differentialgleichung:

$$\partial S = kqu_1 \partial t,$$

d. h. er nimmt, wie Fick, an, dafs in einem Zeitelement die aus dem Diffusionsgefäfs tretende Salzmenge dem Querschnitt des Gefäfses, sowie der Concentrationsdifferenz in und aufser demselben proportional sey; und es unterscheidet sich diese Gleichung von der Fick'schen nur dadurch, dafs u_1 in dem ganzen Diffusionsgefäfs constant und nur von S abhängig ist. Wenn das Volumen des Diffusionsgefäfses mit V, und die Concentration der anfänglich darin enthaltenen Lösung mit u_0 bezeichnet wird, so ist die im Anfang vorhandene Salzmenge Vu_0. Nach der Zeit t sind S Gewichtstheile Salz nach Aufsen getreten, und die Concentration der zurückgebliebenen Lösung ist dadurch u_1

geworden; mithin findet man für das Gewicht des zurückgebliebenen Salzes

$$Vu_1 = Vu_0 - S \text{ und } u_1 = \frac{Vu_0 - S}{V}.$$

Setzt man diesen Werth von u_1 in obige Differentialgleichung ein, integrirt und löst die Gleichung nach k auf, so ist

$$k = \frac{V}{tq}\left\{\log n\, Vu_0 - \log n\,(Vu_0 - S)\right\}$$

Richtiger ist es, wenn man für V nicht das ganze Volumen des Diffusionsgefäfses, sondern nur das Volumen des längeren Schenkels A (Fig. 2 Taf. V) einsetzt, da die Salzlösung in der unteren Krümmung B, wenigstens anfänglich, sich nicht mit der in A mischt; es ergeben dann die Beilstein'schen Versuche folgende Werthe der Diffusionsconstanten:

	Nach 1 Tage	Nach 2 Tagen	Mittelwerth	Verhältnifszahlen der Diffusionsconstanten
Chlorkalium (4 Proc. Lösung)	2,127	2,021	2,074	1,000
Salpeter (2 » »)	1,882	1,930		
» (4 » »)	1,986	1,950	1,891	0,912
» (10 » »)	1,803	1,796		
Chlornatrium (4 » »)	1,832	1,648	1,740	0,839
Kohlens. Kali (4 » »)	1,622	1,453	1,537	0,741
Doppelt chrom. Kali (2 » »)	1,495	1,487	1,529	0,733
» (4 » »)	1,569	1,527		
Schwefels. Kali (4 » »)	1,484	1,432	1,458	0,703
Kohlens. Natron (4 » »)	1,2109	1,0182	1,1145	0,537
Schwefels. Natron (4 » »)	1,146	1,047	1,094	0,527
» (8 » »)	1,136	1,047		
Schwefels. Magnesia (4 » »)	0,837	0,729	0,783	0,377
Schwefels. Kupferoxyd (4 » »)	0,762	0,646	0,704	0,339

Die in der letzten Columne der Tabelle angegebenen Verhältnifszahlen sind nicht identisch mit den Beilstein'schen, weil statt der Dichtigkeit die Concentration in die Rechnung eingeführt ist. Eine gröfsere Uebereinstimmung der nach den Beobachtungen Fick's und Beilstein's berechneten Diffusionsconstanten für Kochsalz läfst sich

kaum erwarten, da in beiden Fällen die Dimensionen der Diffusionsgefäfse nicht genau angegeben sind. Im letzteren Fall ist sogar die Rechnung nur auf die von Beilstein gegebene Zeichnung des Gefäfses und die Bemerkung, dafs es 5,5 Gr. Wasser fasse, basirt.

Beilstein behauptet, es wachse der Uebergang einer Salzmenge aus einer Schicht in eine benachbarte rascher, als die Concentrationsdifferenz, da bei einer Versuchsdauer von 2 Tagen sich die Diffusionsconstante immer geringer berechnet als bei einem eintägigen Versuche. Diese Behauptung ist jedoch durch seine eigenen Beobachtungen mit concentrirteren Lösungen nicht zu beweisen, so dafs vielleicht der einzige Grund der Abweichungen durch die Form des Diffusionsgefäfses bedingt ist. Anfänglich mischt sich nämlich die in *B* befindliche Lösung gar nicht mit der von *A*: nach und nach tritt aber eine gröfsere Concentrationsdifferenz zwischen beiden ein, so dafs jetzt durch Diffusion Salz von *B* nach *A* übertritt. Es wirkt die Diffusion dann in demselben Sinn, als wenn das Diffusionsgefäfs ein gröfseres Volumen hätte, und der berechnete Werth der Diffusionsconstante fällt zu klein aus.

Jedenfalls ist aus dieser Betrachtung ersichtlich, dafs die Versuche Beilstein's keineswegs seine Behauptung genügend stützen.

Als meine Untersuchungen über die Diffusion von Rohr- und Traubenzucker vollendet waren, kam mir zufällig eine hierauf bezügliche Abhandlung von Hoppe-Seyler[1]) zu Gesicht, welche ich um so weniger übergehen darf, als die Art der Beobachtung im Allgemeinen mit meiner eigenen übereinstimmt. Bei einem vorübergehenden Aufenthalt in Tübingen hatte ich, bevor die erwähnte Abhandlung Hoppe's erschienen war, Hrn. Prof. Reusch meine Methode aufs Genaueste beschrieben, und erfuhr zwar von demselben, dafs Hr. Hoppe ebenfalls Untersuchungen über Diffusion anstelle, ohne jedoch zu erfahren, dafs die Methode Hrn. Hoppe's mit der meinigen übereinstimme. An einen

1) Hoppe-Seyler, Medic. chem. Untersuchungen, Berlin 1866.

Prioritätsstreit kann ich hier schon deswegen nicht denken, da nach den Beobachtungen Wild's der Gedanke einer saccharimetrischen Prüfung sehr nahe lag. Leider sind die Beobachtungen Hoppe's der Art ausgeführt, dafs eine Berechnung nach der Fick'schen Hypothese nicht möglich ist; auch sind nur die Versuche II an der Rohrzuckerlösung ausreichend, um ein Bild des Diffusionsvorganges zu geben. Bei der Betrachtung der durch meine eigenen Beobachtungen erhaltenen Resultate komme ich auch noch auf die Hoppe'schen Versuche zurück.

Die sehr wichtige Frage, ob die von Fick gemachte Annahme, dafs der Uebergang des Salzes von einer Schicht in eine benachbarte proportional sey der Concentrationsdifferenz beider, war also durch keine ausreichenden Experimente beantwortet, und nur Fick hatte den Versuch gemacht, den numerischen Werth der Diffusionsconstante für Kochsalz zu berechnen. Es war also gewifs an der Zeit, durch eine umfangreiche Untersuchung einen endgültigen Entscheid zu treffen.

Unter den von Wild vorgeschlagenen Methoden zeichnet sich die optische Bestimmung der Concentrationen dadurch aus, dafs man mit Leichtigkeit eine grofse Anzahl von Beobachtungen ausführen kann. Einige Versuche, welche ich anstellte und welche darauf zielten aus den Brechungscoëfficienten den Gehalt der Lösung ausfindig zu machen, führte ich mit einem von Steinheil ausgeführten Instrumente aus, das ich aber nur kurz erwähnen will, da ich später einen ähnlichen aber bequemeren Apparat ausdachte. Die Versuche selbst werde ich erst anführen, wenn ich die nach der letzteren Methode gefundenen Resultate erhalten habe.

Auf den Tisch eines Steinheil'schen Spectrometers stellte ich ein Hohlprisma, dessen für die Beobachtung benutzbare Höhe 11 Centim. beträgt; in diesem wurde sorgfältig Salzlösung unter destillirtes Wasser geschichtet. Um zu jeder Zeit in einer beliebigen Höhe des Prismas die Brechungscoëfficienten zu bestimmen, bediente ich mich

einer Spiegelvorrichtung, die in Fig. 3 Taf. V schematisch gezeichnet ist. *S* ist das Spaltfernrohr eines Spectrometers, *a* und *b* zwei gegen den Horizont unter 45° geneigte Spiegel, von denen *b* parallel dieser Lage auf und nieder zu verschieben ist.

Die beiden ebenfalls unter 45° geneigten Spiegel *c* und *d* drehen sich gleichzeitig mit dem Beobachtungsfernrohr um die Axe des Spectrometers; der Spiegel *a* ist wie *b* vertical verschiebbar. Stellt man *b* und *c* in gleiche Höhe, so wird immer ein durch das Spaltfernrohr einfallender Lichtstrahl in das Beobachtungsfernrohr gelangen, wenn die Axe des letzteren in einer Verticalebene mit dem aus dem Prisma austretenden Strahl liegt; also können in jeder Höhe des Prismas die Brechungscoëfficienten ermittelt werden. Natürlich muſs durch Vorversuche für jeden Körper der Zusammenhang zwischen der Concentration der Lösung und den Brechungscoëfficienten gefunden seyn, ehe eine Berechnung der Diffusionsconstante möglich ist. Sollen mit einem solchen Instrumente genaue Versuche angestellt werden, so sind dieselben äuſserst langwierig, weshalb ich gleichzeitig nach einer zweiten Methode Beobachtungen ausführte; nur die Resultate dieser letzteren werde ich in der vorliegenden Abhandlung geben.

Die einfache Bemerkung, daſs für einige Substanzen die Bestimmung des Procentgehaltes ihrer Lösungen durch ein Saccharimeter erhalten werden kann, ist genügend, um zu erkennen, daſs der Diffusionsvorgang durch kein anderes Instrument so leicht und mit groſser Genauigkeit verfolgt werden kann. Ich habe bisjetzt die Untersuchungen für Rohr- und Traubenzucker vollendet, und beabsichtige dieselben noch weiter fortzusetzen.

Die Ausführung der Beobachtungen soll nun etwas ausführlich beschrieben werden.

Die Diffusionsgefäſse sind parallelepipedische aus planparallelen Glasplatten zusammengesetzte Kästchen, und bei den einzelnen Versuchen von verschiedenen Dimensionen. Bis zu einer Marke in der Höhe von 5 Centim. wurde de-

stillirtes Wasser in die Kästchen eingegossen, und über dieses schichtete man eine geringe Menge gut gereinigten Knochenöls, um die Luft möglichst vollkommen von der Lösung abzuschliefsen. Mit Hülfe eines Aussüfsröhrchens wurde sodann durch einen Trichter, dessen Hals von ungefähr 1^{mm} Durchmesser bis an den Boden des Gefäfses ging, die Rohr- oder Traubenzuckerlösung eingefüllt, bis diese wieder gerade an die erwähnte Marke reichte. Eine Vermischung der beiden Flüssigkeiten ist nicht zu fürchten, wenn man darauf achtet, dafs der Trichter immer gefüllt bleibt, also nie eine Luftblase in die Flüssigkeit eingetrieben wird. Die vollkommen spiegelnde Trennungsfläche zwischen der oben befindlichen Wasserschicht und der darunter liegenden schwereren Zuckerlösung ist ein treffliches Erkennungsmittel, ob das Einfüllen gelungen ist.

Die Diffusionsgefäfse stellte ich in einem Keller auf kleine Tischchen, welche mit starken Bankeisen an die Seitenmauern befestigt, und mit einer Wasserwaage möglichst horizontal gestellt waren. Durch die Aufstellung im Keller sind die Temperaturschwankungen, sowie die Erschütterungen beinahe vollständig beseitigt. Die Horizontalstellung ist nothwendig, um eine ganz regelmäfsige Schichtung der Flüssigkeit zu erzielen.

Die Beobachtungen geschahen mit einem Duboscque-Soleil'schen Saccharimeter, das ich an den (siehe Fig. 5 Taf. V) Schlitten eines Staudinger'schen Kathetometers anschraubte. Um die optische Axe des Saccharimeters horizontal, und mit der Längsrichtung des Diffusionskastens parallel zu stellen, waren an den Endflächen des Kastens in gleicher Höhe zwei Marken angebracht, welche man, durch das Ocular des Saccharimeters blickend, in der Mitte des Gesichtsfeldes zum Decken brachte; die hierbei nothwendigen Correctionen konnten an den Fufsschrauben des Kathetometers gemacht werden.

Da bei den Berechnungen die Höhen von der Oberfläche an gezählt werden, so mufste vor Allem ihre Lage durch Ablesungen an der Kathetometerscale erhalten wer-

den, was durch vier einzelne Beobachtungen ziemlich genau geschah. Der Mittelwerth aus den vier Stellungen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ (Fig. 4 Taf. V), also den Höhen, in welchen der obere Rand der Flüssigkeitsoberfläche mit dem unteren und dann mit dem oberen Rand des kreisförmigen Gesichtsfeldes zusammenfällt, und die entsprechenden Höhen des unteren Randes, giebt sehr nahe die Höhe, bei welcher die optische Axe des Saccharimeters mit der Oberfläche der Flüssigkeit in einer Ebene liegt. Der Schlitten, an welchem das Saccharimeter befestigt ist, wurde nun, immer von oben nach unten gehend, um je 0,5 oder je 1 Centim. gesenkt, und in jeder dieser Höhen Bestimmungen der Concentrationen ausgeführt. Nicht immer war es jedoch möglich, in jeder Höhe eine Beobachtung anzustellen; wenn nämlich eine sehr concentrirte Lösung eingefüllt wurde, so trat in der Nähe der Trennungsfläche eine so starke Mischung ein, dafs bei der unregelmäfsigen Brechung in dieser Schicht nur ein sehr undeutliches Bild sich zeigte, eine genaue Beobachtung also nicht gestattete. Häufig war der Unterschied der Concentration für die übereinanderliegenden Schichten so bedeutend, dafs in jeder Hälfte des Gesichtsfeldes die Färbung merklich verschieden war, z. B. (wie in Fig. 6 Taf. V) links oben und rechts unten stärker roth, als rechts oben und links unten; natürlich mufste man in diesem Falle möglichst in der Mitte gleiche Färbung zu erreichen suchen. Wenn die Unterschiede nicht zu bedeutend waren, so wurde hierdurch die Genauigkeit der Beobachtungen eher vergröfsert als geringer gemacht.

In jeder der Höhe wurden drei Beobachtungen angestellt, und vor jeder Beobachtungsreihe der Nullpunkt für die Saccharimeterscale bestimmt. Zur Beleuchtung bediente ich mich eines Argand'schen Gasbrenners, der die Temperatur des Kellerraumes nicht wesentlich beeinflufste, wovon ich mich durch ein in der Nähe des Diffusionsgefäfses aufgehängtes und sehr empfindliches Thermometer überzeugen konnte.

Um die Art meiner Beobachtungen deutlich zu zeigen,

entnehme ich meinem Beobachtungs-Journal irgend einen Tag in ganzer Vollständigkeit.

28. Juni.

Anfang der Beobachtung $10^h\ 10^m$ Morgens
Ende » » 10 40 »
Temperatur zwischen 14,2 und 14,5° C.
Höhe der Oberfläche am Kathetometer abgelesen:
für die Stellung α (Fig. 4 Taf. V) 56,152 Cent.
» » » β » » 55,919 »
» » » γ » » 55,693 »
» » » δ » » 55,464 »

Der Mittelwerth ist 55,807 Cent.

Der Nullpunkt der Saccharimeter-Angaben:

18,6, 18,2, 18,4, 18,2, 18,6, 18,3

im Mittel also 18,38.

In den Höhen	Die Saccharimeter-Angaben		
55,0 Cent.	2,1	1,8	1,9
54,5	2,2	2,4	2,5
54,0	3,4	3,2	3,5
53,5	4,8	5,1	4,7
53,0	5,9	6,3	6,0
52,5	7,9	8,0	7,5
52,0	10,1	10,2	10,3
51,5	12,9	13,1	13,0
51,0	14,7	15,2	15,2
50,5	18,0	17,8	17,8
50,0	20,3	20,3	20,6
49,5	24,0	23,8	23,4
49,0	26,3	26,7	26,6
48,5	29,5	29,5	29,2
48,0	32,0	32,1	32,3
47,5	34,3	34,4	34,7
47,0	36,1	36,2	36,4
46,5	37,4	37,7	37,4.

Aus diesen Zahlen ist folgende Beobachtungsreihe berechnet:

Beobachtungszeit: 18. Juni 10h 25m Morgens.
Temperatur: 14°,35 C.

Tiefe unter d. Oberfläche	Ablesung am Saccharim.	Tiefe unter d. Oberfläche	Ablesung am Saccharim.
0,807 Cent.	20,32	2,807 Cent.	24,43
1,307	20,75	3,307	26,18
1,807	21,75	3,807	28,58
2,307	23,25	4,307	31,38
4,807	33,42	7,307	47,78
5,307	36,25	7,807	50,52
5,807	38,78	8,307	52,85
6,307	42,41	8,807	54,62
6,807	44,92	9,307	55,88

In dieser Form will ich alle Beobachtungsresultate, welche ich für Rohr- und Traubenzucker erhalten habe, anführen und gleichzeitig auch die den Angaben entsprechende Concentration der Lösung, wozu die Dimensionen des Diffusionsgefäfses bestimmt werden müssen.

(Schlufs im nächsten Heft.)

III. *Beiträge zur Kenntnifs des Wolframs und seiner Verbindungen; von E. Zettnow.*

(Schlufs von S. 49.)

VI. Wolframsaure Salze.

1) KO, WO^3.

Zur Darstellung dieses Salzes schmilzt man am besten je 1 Atom von reinem kohlensaurem Kali und von Wolframsäure zusammen. Das Salz schmilzt erst in heller Rothgluht und zerspringt beim Erkalten zu einem äufserst feinen, blendend weifsen Mehl, wie es ähnlich das doppeltchromsaure Kali macht; es ist sehr hygroskopisch und ballt

sich beim Stehen an der Luft leicht zu nassen Klumpen zusammen.

2) $3KO, 7WO^3 + 6aq$.

Ich stellte dieſs Salz dar durch Eintragen von Wolframsäurehydrat in eine kochende verdünnte Lösung von einfach wolframsaurem Kali, bis ein krystallinisches Salz sich auszuscheiden begann. Nach kochendheifsem Filtriren der Flüssigkeit setzte sich innerhalb zwei bis drei Wochen in dem auf dem Stubenofen stehenden Glase das Salz in kleinen, glasglänzenden Krystallen ab, die aus rhombischen Prismen mit schiefer Endfläche bestehen und meist durch das Herrschen der Endfläche und Verkürzung des Prismas tafelartig sind. Lotz[1]) führt das Salz mit 7 Atomen Wasser an, Scheibler[2]) mit sechs; auch ich fand nur sechs Atome Wasser; denn

2,8365 Gr. des Salzes verloren beim Glühen 0,150 Gr.
2,105 » » » » » » 0,1178 Gr.

	Berechnet		Gefunden	
$3KO, 7WO^3$	= 953,3	= 94,64	—	—
$6aq$	= 54	= 5,36	5,64	5,60
$3KO, 7WO^3 + 6aq$	= 1007,3	= 100,0	5,62 im Mittel	

3) $3KO, 7WO^3 + 8aq$.

Dieses Salz, welches zwei Atome Wasser mehr enthält, als das vorhergehende, erhielt ich beim Vermischen einer Lösung des Natronsalzes $3NaO, 7WO^3 + 16aq$ mit einer Lösung von salpetersaurem Kali. Als aequivalente Mengen beider Salze mit einander gemischt wurden, blieb die Flüssigkeit klar und setzte auch beim Concentriren auf die Hälfte keine Krystalle ab. Als jedoch neue Salpeterlösung in ziemlicher Menge hinzugefügt wurde, krystallisirte nach und nach ein obiger Formel entsprechendes Salz heraus. Es erwies sich als völlig natronfrei, denn eine heifs bereitete Lösung desselben mit meta-antimonsaurem Kali in

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 91, S. 58.
2) Journal f. pract. Chemie Bd. 83, S. 292.

concentrirter Lösung versetzt, lieferte bei der mikroskopischen Untersuchung keinen einzigen, so charakteristischen Krystall von meta-antimonsaurem Natron.

3,9485 Gr. des Salzes verloren beim Glühen 0,274 Gr.
2,786 » » » » » » 0,195 Gr.

	Berechnet		Gefunden	
$3KO, 7WO^3$	= 953,3	= 92,978	—	—
8aq	= 72	= 7,022	6,94	7,00
$3KO, 7WO_3 + 8aq$	= 1025,3	= 100,0	6,97 im Mittel	

4) $NaO, WO^3 + 2aq.$

Die Darstellung des Salzes ist bei der Verarbeitung des Wolframerzes angegeben. Nach zwei- bis dreimaligem Umkrystallisiren ist es meist völlig rein. Bei gewöhnlicher Temperatur angeschossen, hält es, wahrscheinlich mechanisch eingeschlossen, etwas mehr Wasser, als die berechnete Menge, und zwar 0,2 bis 0,4 Proc., wie die weiter unten angeführten Analysen beweisen. Aus heifser Lösung krystallisirt, entspricht dagegen sein Wassergehalt genau der Formel, die 10,909 Proc. Wasser verlangt.

Ein dreimal umkrystallisirtes Salz lieferte folgende Resultate:

2,8235 Gr. verl. b. Glühen 0,3165 Gr. = 11,209 Proc. Wasser
2,7985 » » » » 0,3135 » = 11,202 » »
3,892 » » » » 0,433 » = 11,125 » »
3,716 » » » » 0,415 » = 11,168 » »

Ein dreimal umkrystallisirtes Salz von anderer Darstellung:

1,852 Gr. verl. b. Glühen 0,212 Gr. = 11,44 Proc. Wasser
3,1245 » » » » 0,3585 » = 11,47 » »

Ein viermal umkrystallisirtes Salz ergab:

3,564 Gr. verl. b. Glühen 0,4025 Gr. = 11,293 Proc. Wasser.

Nachdem das Salz vier Tage lang in heifser Sommertemperatur an freier Luft gelegen hatte:

3,942 Gr. verl. b. Glühen 0,437 Gr. = 11,085 Proc. Wasser
3,622 » » » » 0,400 » = 11,099 » »

Ein bei 70° bis 80° C. angeschossenes Salz ergab:
2,052 Gr. verloren beim Glühen 0,224 Gr. = 10,916 Proc. Wasser.

Vauquelin und Hecht[1]) haben das Salz zuerst dargestellt, Anthon[2]) ertheilte ihm seine Formel und erforschte seine Eigenschaften näher. Rammelsberg in seinem Handbuch der krystallographischen Chemie beschreibt seine Krystallgestalt.

5) $3NaO, 7WO^3 + 16aq.$

Das Salz bildet grofse, luftbeständige, glasglänzende Krystalle, die jedoch bald emailweifs werden. Der Wassergehalt des bei gewöhnlicher Temperatur angeschossenen Salzes ist meist um 0,27 Proc. höher, als der berechnete, während derselbe, falls das Salz über 30° C. krystallisirt, völlig genau stimmt.

a) 1,333 Gr. Salz in grofsen Krystallen, unter 30° C. angeschossen, verloren beim Glühen 0,187 Gr. oder 14,03 Proc. Wasser.

b) 1,5505 Gr. desselben Salzes verloren 0,2173 Gr. oder 14,02 Proc. Wasser.

c) 1,979 Gr. eines über 30° C. angeschossenen Salzes, sogleich untersucht, verloren beim Glühen 0,2745 Gr. oder 13,87 Proc. Wasser.

d) 1,8585 Gr. Salz wie unter *c*) nachdem es drei Tage an der Luft gelegen, verloren 0,2552 Gr. oder 13,73 Proc. Wasser.

e) 1,011 Grm. Salz wie unter *d*) verloren 0,1386 Gr. oder 13,72 Proc. Wasser.

f) 1,1016 Gr. bei gewöhnlicher Temperatur angeschossenen Salzes wurden in Wasser gelöst, mit kohlensaurem Natron, dann mit Essigsäure versetzt und mit $\frac{1}{10}$ Bleilösung titrirt. Es waren bis zum Aufhören der Fällung nöthig 72,9 CC. $\frac{1}{10}$ Bleilösung, entsprechend 0,84564 Gr. oder 76,76 Proc. Wolframsäure.

1) *Journ. des mines T.* 19, *p.* 3.
2) Journ. f. pract. Chem. Bd. 8, S. 399.

g) 0,8216 Gr. desselben Salzes wie unter *f*), ebenso behandelt, erforderten 54,3 CC. $\frac{1}{10}$ Bleilösung, entsprechend 0,62988 Gr. oder 76,67 Proc. Wolframsäure.

h) 0,812 Gr. Salz wie unter *f*), durch salpetersaures Quecksilberoxydul gefällt, lieferten nach dem Glühen des Niederschlages 0,6228 Gr. oder 76,70 Proc. Wolframsäure.

i) 1,020 Grm. Salz wie unter *f*), wurden zweimal mit Salzsäure abgedampft, und dieselbe schliefslich bei 120°C. völlig verjagt. Das entstandene Chlornatrium, nach dem Lösen in Wasser unter Zusatz von chromsaurem Kali titrirt, erforderte 28,95 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung, entsprechend 0,089745 Gr. oder 8,8 Proc. Natron.

k) 1,335 Gr. Salz wie unter *f*), ebenso behandelt wie bei *i*) erforderten 38,25 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung, entsprechend 0,11857 Gr. oder 8,89 Proc. Natron.

	Berechnet	
$3NaO$	= 93 =	8,866
$7WO^3$	= 812 =	77,405
16 aq	= 144 =	13,727
$3NaO, 7WO^3 + 16aq$	= 1049 =	100,0

Gefunden									
c	*d*	*e*	*a*	*b*	*f*	*g*	*h*	*i*	*k*
—	—	—	—	—	—	—	—	8,8	8,89
—	—	—	—	—	76,76	76,67	76,70	—	—
13,87	13,73	13,72	14,03	14,02					
	13,771		14,025			76,71		8,845	im Mittel

6) $3NH^4O, 7WO^3 + 6aq$.

Aus einer heifsen Lösung von Wolframsäure in Ammoniak krystallisirt das Salz in perlmutterglänzenden Schuppen; beim freiwilligen Verdunsten seiner ammoniakalischen Lösung dagegen schiefst es in rhombischen Prismen an. Die Krystalle sind durchsichtig, glasglänzend und zeigen von allen wolframsauren Salzen im polarisirten Licht bei gekreuzten Nicols die prächtigsten Farben.

0,8177 Gr. in Prismen krystallisirten Salzes liefsen beim

vorsichtigen Trocknen und Glühen 0,702 Gr. Wolframsäure.

1,0526 Gr. desselben Salzes, ebenso behandelt, hinterliefsen 0,9043 Gr. Wolframsäure.

0,850 Gr. eines schuppig krystallisirten Salzes gaben beim Trocknen und Glühen 0,7325 Gr. Wolframsäure.

	Berechnet		Gefunden	
$3NH^4O + 6aq$	= 132 =	13,984	— —	—
$7WO^3$	= 812 =	86,016	85,85 85,91	86,17
$3NH^4O, 7WO^3 + 6aq$	= 944 =	100,0	85,977 im Mittel	

7) BaO, WO^3.

Beim Zusammenschmelzen von gleichen Atomen wasserfreien einfach wolframsauren Natrons und wasserfreien Chlorbaryums mit überschüssigem Kochsalz oder nach Geuther und Forsberg[1]) von 2 Th. NaO, WO^3, 7 Th. BaCl und 4 Th. NaCl bildet sich wolframsaurer Baryt, der ein feines krystallinisches Pulver darstellt, und bei Anwendung von gleichen Atomen der sich zersetzenden Salze und viel Kochsalz noch besser krystallisirt, als bei überschüssigem Chlorbaryum. Das sandige Pulver unter Terpentinöl mit dem Mikroskop betrachtet, besteht aus durchsichtigen, das Licht sehr stark brechenden, spitzen Quadratoctaëdern, die sämmtlich mehr oder weniger stark verzerrt sind; sie bleiben im polarisirten bei gekreuzten Nicols fast schwarz. Das Salz schmilzt sehr schwer und leuchtet beim Glühen stark. Die Analyse geschah durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron und directes Wägen des gebildeten kohlensauren Baryts oder nach Lösung desselben in Salzsäure durch Fällen als schwefelsaurer Baryt.

1,2454 Gr. eines Salzes, nach Geuther's und Forsberg's Vorschrift dargestellt, lieferten 0,6335 Gr. kohlensauren Baryt, entsprechend 0,4918867 Baryt.

1,122 Gr. eines ohne überschüssiges Chlorbaryum dargestellten Salzes gaben 0,6798 Gr. schwefelsauren Baryt, entsprechend 0,4463918 Baryt.

1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 120, S. 270.

	Berechnet		Gefunden	
Ba O	= 76,5	= 39,74	39,495	39,77
WO^3	= 116	= 60,26	—	—
Ba O, WO^3	= 192,5	= 100,0	39,633 im Mittel	

9) $2(BaO, WO^3) + 5$ aq.

Von Verbindungen des wolframsauren Baryts mit Wasser kennen wir durch Scheibler[1]) eine, welcher die Formel $2(BaO, WO^3) + 1$ aq. zukommt. Ich erhielt bei dem Versuche metawolframsauren Baryt durch Vermittelung der Essigsäure zu bereiten, einen weifsen Niederschlag, welcher im lufttrocknen Zustande obiger Formel entspricht. Es wurde nämlich eine Lösung des Natronsalzes $3\,NaO, 7\,WO^3 + 16$ aq. mit einer ziemlich bedeutenden Menge Essigsäure versetzt, alsdann gekocht, bis Salzsäure in der Flüssigkeit keinen Niederschlag mehr bewirkte, und darauf Chlorbaryumlösung hinzugefügt, wobei sich sogleich ein bedeutender Niederschlag bildete. Nach dem Filtriren desselben entstand in der klaren Lösung beim Erhitzen ein zweiter; nach dessen Filtration ein dritter und ebenso ein vierter. Alle Niederschläge waren äufserst voluminös und amorph. Es wurde auf diese Weise fast sämmtlicher Baryt ausgefällt, denn in dem Rest der Flüssigkeit war nur noch sehr wenig enthalten. Jeder der vier Niederschläge wurde für sich durch Decantation mit Wasser völlig ausgewaschen, da eine Filtration, sobald einmal der gröfste Theil der Salze ausgewaschen ist, durch milchiges Durchlaufen und Verstopfen der Filterporen unmöglich gemacht war. Der Niederschlag bildete eine ziemlich bedeutende Quantität und wurde von dem gröfsten Theil des Wassers durch Erhitzen in einer Porcellanschale befreit, wobei er wie ein dicker Mehlbrei einkochte; schliefslich wurde er an der Luft völlig getrocknet, was zwei bis drei Wochen dauerte, die übrigen drei Niederschläge wurden durch Subsidiren von dem gröfsten Theil des Wassers befreit; dann zuerst im Becherglas bei 30 bis 40° C., schliefslich auf Papier an

1) Journ. f. pract. Chem. Bd. 83 S. 298.

freier Luft getrocknet. Alle vier Niederschläge erwiesen sich in physikalischer Hinsicht nach dem Trocknen als gleich; sie bildeten nach dem Zerreiben ein schneeweifses, sehr zartes, amorphes Pulver, und hatten auch alle dieselbe chemische Zusammensetzung. Die Wasserstimmung geschah durch Glühen, wobei ein gelber Rückstand blieb; die Barytbestimmung im geglühten Salz durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron; geglüht wurde das Salz angewendet, weil sein Wassergehalt nicht völlig constant war. Es verloren beim Glühen:

1,5325 Gr. vom Niederschlag	1	0,1665 Gr.	oder	10,87	Proc.
2,301 » » »	2	0,2590 »	»	11,25	»
1,1935 » » »	3	0,1355 »	»	11,35	»
2,6695 » » »	4	0,2855 »	»	10,70	»

1,247 Gr. des Niederschlages 1 gaben 0,6473 Gr. kohlens. Baryt, entsprechend 0,5039 Gr. Baryt oder 40,31 Proc.

1,313 Gr. des Niederschlages 3 gaben 0,6804 Gr. kohlens. Baryt, entsprechend 0,528433 Gr. Baryt oder 40,24 Proc.

1,300 Gr. des Niederschlages 4 gaben 0,6624 Gr. kohlens. Baryt, entsprechend 0,5135 Gr. Baryt oder 39,5 Proc.

Berechnet			Gefunden			
$2(BaO, WO^3)$ = 375 =	89,53		—	—	—	—
5 aq. = 45 =	10,47		10,87	11,25	11,35	10,70
$2(BaO, WO^3) + 5$ aq. = 430 =	100,00		11,04 im Mittel			

Berechnet			Gefunden		
BaO =	76,5 =	39,74	40,31	40,24	39,5
WO^3 =	116 =	60,26	—	—	—
BaO, WO^3 =	192,5 =	100,00	40,01 im Mittel		

10) $BaO, 8WO^3 + 8$ aq.

Setzt man zu einer Lösung des Salzes $3NaO, 7WO^3 + 16$ aq. Phosphorsäure, bis Salzsäure keine Fällung mehr hervorbringt, dann soviel Salzsäure, dafs die Flüssigkeit stark sauer wird, so fällt beim Hinzufügen von Chlorbarym ein Theil des Baryts als weifser Niederschlag, der ein neues Salz von obiger Formel ist, während der gröfsere Theil des Baryts als metawolframsaures Salz gelöst bleibt. Der Niederschlag ist frei von Natron und stellt nach dem Wa-

schen mit Wasser und langem Trocknen an der Luft ein schneeweiſses, sehr feines, amorphes Pulver dar.

a) 1,306 Gr. desselben verloren beim Glühen 0,0905 Gr.

b) 1,895 » » » » » 0,1320 Gr.

c) 2,9785 Gr. geglühtes Salz, entsprechend 3,2008 Gr. wasserhaltendem, wurden mit Salzsäure dreimal zur Trockne abgedampft und lieferten, nach dem Waschen mit Salzsäure haltigem Wasser und Glühen, 2,756 Gr. Wolframsäure oder auf Wasser haltendes Salz bezogen 86,10 Proc.

d) 4,450 Gr. ungeglüht, ebenso behandelt wie bei *c*), lieferten 3,839 Gr. Wolframsäure.

	Berechnet			Gefunden			
BaO =	72	=	7,11	—	—	—	—
$8WO^3$ =	928	=	86,2	—	—	86,1	86,27
8 aq. =	72	=	6,69	6,93	6,96	—	—
$BaO, 8WO^3 + 8aq.$ =	1076,5	=	100,00	6,945		86,185 im Mittel	

11) SrO, WO^3.

Dieses Salz, zuerst von Schultze[1]) dargestellt, erhielt ich aus 2 Th. wasserfreiem einfach wolframsaurem Natron, 7 Th. Chlorstrontium und 4 Th. wasserfreiem Chlornatrium in kleinen schlechten Krystallen, ganz vom Ansehen des Barytsalzes.

1,2545 Gr. mit kohlensaurem Natron geschmolzen lieferten 0,5495 Gr. kohlensauren Strontian, entsprechend 0,385558 Gr. Strontian.

	Berechnet			Gefunden
SrO =	51,57	=	30,85	30,37
WO^3 =	116	=	69,15	—
SrO, WO^3 =	167,75	=	100	30,73

12) CaO, WO^3.

Die Krystalle, deren Darstellung bekannt ist, bilden mikroskopische, spitze Quadratoctaëder, deren mitunter zwei gleicher Ordnung an demselben Krystall auftreten. Im polarisirten Licht zeigen sie bei gekreuzten Nicols sehr schöne und intensive Farben.

1) Annal. der Chem. u. Pharmacie Bd. 126, S. 56.

13) MnO, WO^2.

Geuther und Forsberg[1]) stellten das wolframsaure Manganoxydul zuerst in Krystallen dar, und nach ihrer Vorschrift verfuhr ich. Ist überschüssiges Chlormangan beim Schmelzen vorhanden, so bilden sich fast nur diamantglänzende Nadeln, die mit braungelbem Lichte durchsichtig und bis 8^{mm} lang sind; die geringe Menge des feinen Pulvers besteht aus undeutlichen Krystallen, Bruchstücken gröfserer, Manganoxyduloxyd etc. Nimmt man dagegen überschüssiges wolframsaures Natron, so erhält man ein schmutzig canariengelbes, feines Krystallpulver und wenige, aber sehr lange, etwa 15 bis 20^{mm}, sehr dünne, leicht zerbrechliche Nadeln, die von den Wänden des Tiegels in die Mitte hineingewachsen sind. Die Krystalle bestehen aus rhombischen Prismen, deren eine Kante mitunter abgestumpft ist. In der Endigung erscheint manchmal die basische Endfläche, und aufserdem tritt fast immer ein auf eine Kante aufgesetztes Längsprisma auf. Beim Schmelzen der Verbindung mit kohlensaurem Natron behufs etwaiger Aufschliefsung bildet sich kein mangansaures Natron, denn die wässrige Lösung der Schmelze ist völlig farblos.

14) FeO, WO^2.

Die Vorschrift von Geuther und Forsberg, welche dieses Salz zuerst krystallisirt darstellten, fand ich zur Erlangung von guten Krystallen als die beste. Man schmilzt also 1 Th. einfach wolframsaures Natron mit 2 Th. wasserfreiem Eisenchlorür und 2 Th. Chlornatrium zusammen, und erhält 6 bis 8^{mm} lange, 1 bis 1,5^{mm} dicke, schwarze Krystalle. Sie haben sehr starken Metallglanz und bestehen aus rhombischen Prismen, mit Abstumpfung beider Kanten; doch ist die schärfere meist etwas stärker abgestumpft. In der Endigung herrscht ein auf die vordere, schwach abgestumpfte Seitenkante aufgesetztes Querprisma, dessen eine Fläche wiederum fast stets so sehr ausgedehnt ist, dafs sie einer schiefen Endfläche ähnlich sieht und den

1) Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 120, S. 270.

Krystallen ein zwei- und eingliedriges Ansehen ertheilt, während sie, ebenso wie das wolframsaure Manganoxydul, dem ein- und einaxigen System angehören. Sämmtliche Flächen sind sehr glatt und spiegelnd. Ich fand im Widerspruch mit Geuther und Forsberg, dafs die Krystalle ein wenig magnetisch sind. Ohne die bei der Atomgewichtsbestimmung des Wolframs angegebene Reinigung hält das Salz noch etwas Eisenoxyd, wahrscheinlich mechanisch beigemengt.

15) $MnO, WO^3 + FeO, WO^3$.

Nach Geuther und Forsberg[1]) sollen sich beim Zusammenschmelzen von wolframsaurem Natron und Kochsalz mit Chlormangan und einfach Chloreisen in wechselnden Verhältnissen, sechs verschiedene Doppelsalze aus wolframsaurem Manganoxydul und wolframsaurem Eisenoxydul bilden. Bei theilweiser Wiederholung dieser Versuche, die ich, genau ihren Angaben folgend, anstellte, erhielt ich jedoch nur eins von diesen Doppelsalzen, nämlich das unter No. 16 beschriebene von der Formel $MnO, WO^3 + 4 (FeO, WO^3)$; statt der andern bildete sich ein neues und, wie es scheint, sehr beständiges Salz, welchem die obige Formel zukommt. Es bildet schöne, glänzende Krystalle von derselben Form, wie das wolframsaure Eisenoxydul. Die Endigungen der Krystalle sind meist nicht gut ausgebildet, sondern mehr oder weniger zerfressen. Neben den Krystallen bildet sich stets noch ein feines Pulver, welches aus krystallinischem Eisenoxyd, Manganoxyduloxyd, Bruchstücken etc. besteht.

a) 1,629 Gr. eines Präparates, welches durch Schmelzen von 4 Th. wolframsaurem Natron, 7 Th. Chlormangan, 1 Th. Chlormangan, 1 Th. Eisenchlorür und 8 Th. Chlornatrium erhalten war und nach Geuther und Forsberg eigentlich eine Verbindung von der Formel $7 (MnO, WO^3) + 1 FeO, WO^3$ geben sollte, wurden mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen und lieferten eine durchaus farblose

1) Ebendaselbst.

Lösung. Der Rückstand nach dem Lösen in Salzsäure mit Zink reducirt und mit Chamäleon, dessen Titré pro 1 CC. = 0,006714 Gr. Eisenoxydul entsprach, titrirt, erforderte 29,0 CC. Chamäleon, entsprechend 0,19471 Gr. Eisenoxydul.

b) 2,149 Gr. desselben Productes wie bei *a*) und ebenso wie dort behandelt, erforderten nach der Verdünnung der Eisenlösung auf 300 CC. für

100 CC. Eisenlösung 12,7 CC. Chamäleon.
100 » » 12,7 » »

also für 300 CC. Eisenlösung 38,1 CC. Chamäleon, entsprechend 0,255703 Gr. Eisenoxydul.

c) 1,4615 Gr. eines Präparates, dargestellt aus 1 Th. Chlormangan, 1 Th. Eisenchlorür, 1 Th. wolframsaures Natron, 2 Th. Chlornatrium, welches nach Geuther und Forsberg eigentlich der Formel $2(MnO, WO^3)+3(FeO, WO^3)$ entsprechen sollte, wurden wie bei *a*) behandelt und erforderten 26,2 CC. Chamäleon, entsprechend 0,17591 Gr. Eisenoxydul.

d) 2,056 Gr. desselben Präparates, wie bei *c*) aufgeschlossen, die Oxyde in Salzsäure gelöst, das Eisen als basisch essigsaures Salz abgeschieden, aus dem Filtrat das Mangan durch kohlensaures Natron gefällt und durch Glühen in Oxyduloxyd übergeführt, lieferten 0,2655 Gr. desselben, entsprechend 0,244632 Gr. Manganoxydul.

e) Aus der Lösung der Wolframsäure von *c*) wurde dieselbe nach dem Abfiltriren der Oxyde durch salpetersaures Quecksilberoxydul gefällt und wog nach dem Glühen 1,1139 Gr.

	Berechnet	
MnO	= 35,5	= 11,70
FeO	= 36	= 11,86
$2WO^3$	= 232	= 76,44
$FeO, WO^3 + MnO, WO^3$	= 303,5	= 100,0

Gefunden					
a	*b*	*c*	*d*	*e*	
—	—	—	11,9	—	
11,95	11,97	12,03	—	—	
—	—	—	—	76,22	
	11,96		11,9	76,22	im Mittel

16) $MnO, WO^3 + 4(FeO, WO^3)$.

Dieses Salz wurde nach der Vorschrift von Genther und Forsberg aus 1 Th. Chlormangan, 3 Th. Eisenchlorür, 2 Th. wolframsaurem Natron und 8 Th. Chlornatrium dargestellt. Die Krystalle, meist um und um ausgebildet, stellen rhombische Prismen mit starker Abstumpfung beider Kanten dar; in der Endigung herrscht meist ein Querprisma, dessen Combinationskanten mit dem Prisma mitunter durch ein Rhombenoctaëder abgestumpft sind.

a) 1,301 Gr. der Verbindung liefsen nach dem Aufschliefsen mit kohlensaurem Natron und Lösen der Schmelze in Wasser, einen Rückstand, der, in Salzsäure gelöst, mit Zink reducirt und mit Chamäleon titrirt, 36,8 CC. desselben vom Titre 1 CC. = 0,006714 Gr. Eisenoxydul erforderte und also 0,247075 Gr. Eisenoxydul hielt.

b) 1,150 Gr. derselben Verbindung, ebenso wie bei *a*) behandelt, erforderten 31,25 CC. Chamäleon, entsprechend 0,209812 Eisenoxydul.

c) Die im Filtrat von *b*) erhaltene Wolframsäure, durch salpetersaures Quecksilberoxydul gefällt, wog 0,842 Gr.

	Berechnet		Gefunden		
MnO	= 35,5	= 4,67	—	—	—
$4FeO$	= 144	= 18,96	18,99	18,99	—
$5WO^3$	= 580	= 76,37	—	—	76,20
$MnO, WO^3 = 4(FeO\,WO^3)$	= 759,5	= 100,00	18,99		76,2

im Mittel

17) CoO, WO^3.

Dieses Salz, von Schulze[1]) zuerst durch Schmelzen von 1 Th. wolframsaurem Natron, 2 Th. Kobaltchlorür und 2 Th. Chlornatrium dargestellt, erhielt ich ebenso aus 1 Th. Chlorkobalt, 6 Th. wolframsaurem Natron und 6 Th. Kochsalz. Neben schönen schwarzgrünen Krystallen hatte sich ein violettes Pulver ganz von derselben Farbe, welche der Strich der Krystalle besitzt, gebildet. Die Form der Krystalle stimmt ganz mit der des wolframsauren Eisenoxyduls überein. Sie sind unmagnetisch.

1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 126, S. 57.

18) *Wolframsaures Nickeloxyd.*

Durch Zusammenschmelzen von 1 Th. Chlornickel mit 2 Th. wolframsaurem Natron und 2 Th. Chlornatrium erhielt ich die Verbindung nicht rein, sondern gemischt mit einem grünen Körper, der sich als Nickeloxydul erwies, und mit geschmolzenen Kügelchen und gröfsern Stücken von metallischem, durch die Feuergase reducirten Nickel. Das Metall war stark magnetisch, während die diamantglänzenden, braungelben Krystalle, die dem Mangansalz gleichen, unmagnetisch sind und wahrscheinlich aus wolframsaurem Nickeloxydul, von der Formel NiO, WO^3, bestehen, wie es Schultze, der das Salz zuerst darstellte, aber überschüssiges Chlornickel anwendete, angiebt. Neben diesen mit braungelbem Lichte unter dem Mikroskop durchsichtigen Krystallen fanden sich noch farblose, spitze Quadratoctaëder, die im polarisirten Licht bei gekreuzten Nicols schöne Farben zeigten. Als ich bei einem zweiten Versuch einen grofsen Ueberschufs von wolframsaurem Natron anwendete, nämlich 6 Th. desselben mit 1 Th. Chlornickel und 6 Th. Chlornatrium zusammenschmolz, erhielt ich beim Lösen der Schmelze wieder metallisches Nickel, wenig Nickeloxydul und statt der braunen Nadeln dunkele, metallglänzende, kleine und dicke Krystalle, die gut ausgebildet besonders an den Tiegelwänden safsen. Sie hatten völlig die Form und das Ansehen des Kobaltsalzes, haben also wahrscheinlich auch dieselbe Zusammensetzung. Einer Analyse wurde das Product als Gemenge nicht unterworfen.

19) ZnO, WO^3.

Durch Zusammenschmelzen von 1 Th. wolframsaurem Natron, 2 Th. Zinkchlorür und 2 Th. Chlornatrium erhält man weifse und braune Krystalle. Die erstern, welche die Hauptmasse bilden, bestehen aus Aggregaten von kleinen Krystallen, die sich nach Art des Desmins oder Stilbits garbenförmig zusammengruppirt haben, sind sehr spröde

seidenglänzend. Die braunen Krystalle, welche besser krystallisirt sind, verdanken ihre Farbe einer Spur Eisen. Geuther und Forsberg beschreiben das Salz als dem quadratischen System angehörend; ich fand jedoch, dafs die Krystalle in ihrer Gestalt dem wolframsauren Manganoxydul am ähnlichsten sind. Mit braungelbem Lichte durchsichtig, werden sie bis 10^{mm} lang und bis 1^{mm} dick. Ein Präparat aus 1 Th. wolframsaurem Natron, 4 Th. Chlorzink und 4 Th. Kochsalz lieferte keine bessern Krystalle.

1,2575 Gr. der Verbindung, mit Salzsäure zersetzt, lieferten 0,328 Gr. geglühtes Zinkoxyd.

1,345 Gr. desselben Präparates, ebenso behandelt, gaben 0,4755 Gr. Zinkoxyd.

	Berechnet		Gefunden	
ZnO =	40,53 =	25,88	26,08	25,77
WO^3 =	116 =	84,12	—	—
ZnO, WO^3 =	156,53 =	100,0	25,93 im Mittel	

20) CdO, WO^3.

Diese Verbindung, nach Geuther's und Forsberg's Vorschrift aus 4 Th. wolframsaurem Natron, 11 Th. Chlorcadmium und 16 Th. Chlornatrium dargestellt, bildet ein seidenglänzendes, hellcanariengelbes, feines Pulver, mit einem Stich ins Röthliche; ferner kommen einzelne, gröfsere Krystalle von rother Farbe und völlig von der Form des Zinksalzes vor. Das feine Krystallpulver besteht meist aus mikroskopischen Rhombenoctaëdern mit schwacher Abstumpfung der Seitenkanten.

1,6045 Gr. des Salzes, durch Salzsäure zersetzt, lieferten 0,5685 Gr. Cadmiumoxyd.

1,320 Gr. der Verbindung, mit kohlsaurem Natron aufgeschlossen, gaben 0,4685 Gr. Cadmiumoxyd.

	Berechnet		Gefunden	
CdO =	64 =	35,55	35,43	35,5
WO^3 =	116 =	64,45	—	—
CdO, WO^3 =	180 =	100,0	35,465 im Mittel	

21) PbO, WO^3.

Durch Schmelzen von amorphem, auf nassem Wege dargestelltem, wolframsaurem Bleioxyd mit wolframsaurem Natron erhält man ein feines, sandiges, undeutlich krystallisirtes Pulver von wolframsaurem Bleioxyd.

22) *Wolframsaures Zinnoxydul.*

Beim Zusammenschmelzen von 1 Th. wolframsaurem Natron mit 3 Th. Zinnchlorür bleibt ein braunes, stark schimmerndes Pulver nach dem Lösen der Schmelze im Wasser zurück. Aufser den braunen Krystallen, die wahrscheinlich bisher noch nicht bekanntes, wolframsaures Zinnoxydul sind, finden sich noch weifse und schwarze Krystalle. Einer Analyse wurde das Product als Gemenge nicht unterworfen.

23) $2(CuO, WO^3) + Cu^2O, WO_3$.

Schultze versuchte zuerst durch Schmelzen von Kupferchlorür mit wolframsaurem Natron und Kochsalz wolframsaures Kupferoxydul darzustellen, erhielt hierbei jedoch nur ein Gemenge von zwei verschiedenen Verbindungen.

Als ich 1 Atom wasserfreies, schwefelsaures Kupferoxyd mit 1 Atom wolframsaurem Natron zusammenschmolz, restirte eine braunrothe Schmelze, die beim Lösen in Wasser hellbraunrothes, ein unter dem Mikroskop fast ganz homogen erscheinendes, krystallinisches Pulver zurückliefs. Dasselbe wurde von Salpetersäure leicht oxydirt unter Entwicklung von Stickoxydgas.

1,185 Gr. der Verbindung, mit Salpetersäure befeuchtet und getrocknet, dann mit kohlensaurem Natron geschmolzen, lieferten 0,3693 Grm. Kupferoxyd, entsprechend 0,29488 Gr. metallischem Kupfer und 0,07442 Gr. Sauerstoff.

1,340 Grm. derselben Verbindung, ebenso behandelt, gaben 0,4212 Gr. Kupferoxyd, entsprechend 0,3363 Gr. Kupfer und 0,0841 Gr. Sauerstoff.

Berechnet

2 Cu	= 126,8	= 25,43
3 O	= 24	= 4,81
3 WO^3	= 348	= 69,76
2 (Cu O, WO^3) + Cu^2O, WO^3	= 498,8	= 100,0

Gefunden.

24,9	25,1
5,34	5,14
—	—
25,0 und	5,24 im Mittel.

24) Ag O, WO_3.

Durch Schmelzen des amorphen, auf nassem Wege dargestellten, wolframsauren Silberoxydes und Erkalten, erhält man eine gelbe, sehr krystallinische Masse, in welcher sich Höhlen befinden, die mit glänzenden, quadratischen Prismen und Quadratoctaëdern ausgekleidet sind.

VII. Ueber die Darstellung von metawolframsaurem Baryt.

Unter allen metawolframsauren Salzen ist das des Baryts ausgezeichnet durch seine Fähigkeit leicht und gut zu krystallisiren. Es läfst sich in Folge dessen leicht rein darstellen und bildet den Ausgangspunkt für die Bereitung von andern metawolframsauren Salzen. Zur Darstellung von gröfsern Mengen des Salzes eignet sich der Weg, den Scheibler[1]) angegeben hat, am besten; kleinere Mengen bereitet man, besonders wenn man nicht reines Wolframsäurehydrat vorräthig hat, am besten mit Hülfe von Phosphorsäure, wie ich weiter unten genauer angeben werde. Bereitet man das Salz nach der Scheibler'schen Methode durch Eintragen von Wolframsäurehydrat in eine kochende Lösung des Salzes 3 Na O, 7 WO^3 + 16 aq, so kann man, nach Ueberführung der gewöhnlichen Wolframsäure in die Metawolframsäure und nach dem Filtriren des weifsen, unlöslichen Rückstandes sogleich zur Flüssigkeit die berech-

1) Journ. f. pract. Chem. Bd. 83, S. 301.

nete Menge von Chlorbaryum setzen, und hat nicht nöthig, das metawolframsaure Natron zuerst krystallisiren zu lassen, eine Operation, die viel Zeit in Anspruch nimmt und doch keine grofse Sicherheit im Betreff der Reinheit des Salzes gewährt. Nach zwei- bis dreimaligem Umkrystallisiren ist der metawolframsaure Baryt meistens völlig rein. Beim Hinzufügen des gelben Wolframsäurehydrates zu der kochenden Lösung des Natronsalzes geht die gelbe Farbe desselben sogleich in eine weifse über, und nach Scheibler soll der weifse, unlösliche Niederschlag Wolframsäure-Hydrat seyn, welcher Meinung ich jedoch nicht beipflichten kann, denn der weifse Niederschlag ist natronhaltig und stellt vielmehr ein amorphes, in Wasser völlig unlösliches, wolframsaures Natron dar, dem auf Grund der unten folgenden Analysen wohl die Formel $NaO, 3WO^3 + 3aq$ zukommt. Dafs der Niederschlag nicht reines Wolframsäurehydrat seyn kann, zeigt auch folgende Betrachtung: Ein Atom saures wolframsaures Natron braucht nach dem Schema:

$$3NaO, 7WO^3 + 16aq + 5WO^3, HO = 3(NaO, 4WO^3) + aq$$

fünf Atome Wolframsäurehydrat, um in drei Atome metawolframsaures Natron überzugehen, und es müfste sich hierbei alle zugesetzte Wolframsäure klar lösen oder, falls dieſs nicht der Fall ist, könnte auch noch nicht alles Natronsalz in metawolframsaures übergegangen sein. Bei Anstellung des Versuchs mit 750 Gr. wolframsaurem Natron und 443 Gr. Wolframsäurehydrat ergab es sich jedoch, erstens, dafs ein bedeutender Theil der Wolframsäure ungelöst blieb und zweitens, dafs dennoch sämmtliches Salz völlig in metawolframsaures übergegangen war. Diese Ueberführung kann aber allein nur dadurch geschehen, dafs der Lösung Natron entzogen wird, welches in den Niederschlag übergeht. Zur weiteren Untersuchung wurde derselbe deshalb abfiltrirt, acht Mal mit Wasser gewaschen, wobei er die drei letzten Male milchig wurde; dann, da er die Filterporen verstopfte, durch Einkochen in einer Por-

cellanschale vom gröfsten Theil des Wassers befreit und schliefslich in der Röhre des Stubenofens bei 45° bis 50° C. getrocknet. Die Gesammtmenge betrug etwa 150 Gr. Der weifse, ins Bläuliche ziehende, völlig amorphe und sehr voluminöse Niederschlag ist in Wasser und starkem Ammon unlöslich oder äufserst schwer löslich; starke Natronlauge dagegen löst ihn leicht; Säuren färben ihn gelb, wahrscheinlich durch Entziehung des Natrons. Bei der Analyse wurde das Wasser in dem bei 50° C. getrockneten Niederschlag durch Glühen bestimmt; der Rückstand, der weifs bleibt, alsdann durch zwei- bis dreimaliges Abdampfen mit Salzsäure zersetzt; nach Verjagung derselben bei 120° bis 125° C. das gebundene Chlor mittelst titrirter Silberlösung bestimmt und, da sowohl reines Natronsalz als Wolframsäurehydrat angewendet waren, auf Natron berechnet.

3,1895 Gr. des Niederschlags verloren beim Glühen 0,2345 Gr. und erforderten 70,4 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung, entsprechend 0,21824 Gr. Natron.

1,221 Gr. verloren 0,088 Gr. beim Glühen und erforderten 27,7 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung, entsprechend 0,08587 Gr. Natron.

		Berechnet		Gefunden	
NaO	= 31 =	7,63		6,84	7,03
$3WO^3$	= 348 =	85,72		—	—
3 aq	= 27 =	6,65		7,35	7,20
$NaO, 3WO^3 + 3aq$	= 406 =	100,0		6,935 u. 7,27 im Mittel.	

Die Formel $NaO, 4WO^3 + 4aq$ erfordert 5,84 Proc. Natron und 6,78 Proc. Wasser. Doch scheint mir die obige angenommene Formel den Werthen besser zu entsprechen, wenn man bedenkt, dafs der Wassergehalt durch hygroscopische Eigenschaft des Salzes leicht etwas zu hoch, der Natrongehalt dagegen durch etwaige freie, beigemengte Wolframsäure zu niedrig gefunden werden kann.

Zur Darstellung von kleineren Mengen metawolframsaurer Baryterde habe ich einen Weg gefunden, der besonders dann angenehm ist, wenn man kein reines Wolfram-

säurehydrat vorräthig hat. Phosphorsäure fällt bekanntlich die Lösungen der gewöhnlichen Wolframsäure nicht, hindert jedoch auch, wie ich fand, die Fällung derselben durch andere starke Säuren völlig durch Ueberführung der gewöhnlichen Modification in die metawolframsaure. Ebenso wie Phosphorsäure wirkt ein Gemisch von gewöhnlich phosphorsaurem Natron mit Salzsäure, und ich wandte deshalb ein solches Gemisch stets statt der reinen Phosphorsäure an. Um die Menge Phosphorsäure zu finden, welche nöthig ist, um die Fällung von Wolframsaure durch andere Säuren zu verhindern, wurden 30 Gr. des Salzes $3NaO, 7WO^3 + 16$ aq in Wasser gelöst, und nach und nach eine Lösung von phosphorsaurem Natron zugegeben, bis auf Zusatz von Salzsäure keine Trübung mehr entstand. Nach Zusatz von 24 CC. entstand noch ein Niederschlag, der sich, nachdem 27,5 CC. phosphorsaures Natron hinzugefügt war, nicht mehr zeigte. Nun gaben 5 CC. der Lösung des phosphorsauren Natrons im Platintiegel abgedampft und geglüht 0,5075 Gr. pyrophosphorsaures Natron, und für obigen Versuch berechnen sich daraus 7,54 Gr. gewöhnlich phosphorsaures Natron oder 1,49 Gr. wasserfreie Phosphorsäure. 1 Atom des sauren wolframsauren Natrons würde also 52,5 Th. PO^5 gebrauchen, oder 4 Atome desselben 213 Th. PO^5 = 3 Atome PO^5 in runder Summe. Unter der Annahme, dafs die Phosphorsäure durch Entziehung von Natron wirkt, und sich gewöhnlich phosphorsaures Natron bildet, würde folgendes Schema den Vorgang verdeutlichen.

$$8(3NaO, 7WO^3) + 6PO^5 = 14(NaO, 4WO^3) + 5(2NaO, HO, cPO^5) + 1PO^5.$$

d. h. etwas Phosphorsäure mufs überschüssig seyn, um die Umwandlung zu vollbringen. Es kann scheinen, als ob man die 5 Atome Phosphorsäure, welche zur Bildung von phosphorsaurem Natron nöthig sind, durch eine andere Säure etwa durch 10 Atome Salzsäure ersetzen könnte, aber der Versuch beweist, dafs, wenn nur 1 Atom Phosphorsäure angewendet wird und statt der übrigen eine an-

dere Säure, die Umwandlung nicht vollständig ist, ja, dafs sogar noch bei Anwesenheit von 5 Atomen Phosphorsäure nicht alle Wolframsäure in die lösliche Modification übergeführt ist. Da aus 4 Atomen Natronsalz sieben Atome metawolframsaures Natron entstehen, so braucht man auch zur Zersetzung derselben 7 Atome krystallisirtes Chlorbaryum und man nimmt lieber etwas mehr. Dieſs giebt folgende Verhältnisse:

42 Th. Natronsalz, von der Formel $3NaO, 7WO^3 + 16$ aq, 15 Th. gewöhnlich phosphorsaures, krystallisirtes Natron, 15 CC. Salzsäure von der Dichte 1,12 werden in 100 CC. Wasser gelöst und aufgekocht, dann 9 Th. in Wasser gelöstes, krystallisirtes Chlorbaryum hinzugesetzt, vom weifsen Niederschlag abfiltrirt und zum Krystallisiren eingedampft. Nach zwei- bis dreimaligem Umkrystallisiren ist der metawolframsaure Baryt völlig rein. Die erste Mutterlauge dampft man zweckmäfsig auf die Hälfte ein, wobei Salzsäure fortgeht und man noch eine ziemlich bedeutende Quantität Barytsalz erhält. Beim Umkrystallisiren ist gewöhnlich der erste Anschufs der ersten Krystallisation bereits von Phosphorsäure frei. —

Was den Wassergehalt des metawolframsauren Baryts anbelangt, so fand ich, dafs er aus heifser Lösung angeschossen etwas weniger Wasser enthält, als die Scheibler'sche Formel $BaO, 4WO^3 + 9$ aq verlangt. Derselbe entspricht alsdann genau der Formel $2(BaO, 4WO^3) + 17$ aq, hält also $\frac{1}{2}$ At. weniger. Die folgenden Analysen sind sämmtlich mit einem durch Phosphorsäure erhaltenen, aus heifsen Lösungen krystallisirten Salz angestellt.

2,0942 Gr. verloren beim Glühen 0,2632 Gr. = 12,57 Proc. Wasser.

Ein Salz von anderer Krystallisation:

2,553 Gr. verloren beim Glühen 0,3160 Gr. = 12,38 Proc. Wasser.

3,1425 Gr. verloren beim Glühen 0,3900 Gr. = 12,41 Proc. Wasser.

Ein drittes Salz:

1,720 Gr. verloren beim Glühen 0,2155 Gr. = 12,53 Proc. Wasser.

1,011 Gr. verloren beim Glühen 0,127 Gr. = 12,56 Proc. Wasser.

Berechnet

$2(BaO, 4WO^3)$	= 1081	= 87,46
17 aq	= 153	= 12,54
$2(BaO, 4WO^3 + 17\,aq$	= 1134	= 100,0

Gefunden

—	—	—	—	—
12,57	12,38	12,41	12,53	12,56

12,49 im Mittel

Dagegen hält das aus kalter Lösung, bei gewöhnlicher Temperatur krystallisirte Salz genau 9 At. Wasser oder 13,03 Proc. 2,8595 eines solchen Salzes verloren beim Glühen 0,371 Gr. oder 13,00 Proc. Wasser.

VIII. Wolframoxydverbindungen.

Als ich zur Darstellung der Wöhler'schen Verbindung $NaO, WO^3 + W^2O^5$ 10 Th. saures wolframsaures Natron mit 1 Th. Zinnfeile zusammenschmolz, erhielt ich die Verbindung nicht wie gewöhnlich in goldgelben Würfeln, sondern in kupferrothen, stark glänzenden Krystallen, die jedoch beim Erhitzen die goldgelbe Färbung annehmen. In gröfsern Krystallen erhielt ich ferner dieselbe Verbindung, als ich zur Darstellung der Scheibler'schen [1]) Oxydverbindung $NaO, WO^3 + 2W^2O^5$ einen elektrischen Strom durch geschmolzenes saures wolframsaures Natron leitete. Neben dem blauen Tafeln der letzteren Verbindung, die in überwiegender Menge auftrat, bildeten sich auch, besonders von der Oberfläche des geschmolzenen Salzes aus kupferrothe Würfel und Octaëder der Wöhler'schen Verbindung. Anscheinend dieselbe Verbindung wie die Scheibler'sche bildet sich, wenn man in geschmolzenes saures wolframsaures Natron einen Eisendraht stellt; von ihm aus

1) Journ. für pract. Chem. Bd. 83, S. 322.

beginnt die Bildung von blauen Krystallen, die ich jedoch bis jetzt in zu geringer Menge erhalten habe, um sie einer Analyse unterwerfen zu können. Eine neue Oxydverbindung

$$KO, WO^3 + 4WO^2$$

erhielt ich bei den Versuch, eine der Scheibler'schen Natronverbindung analoge Kaliverbindung darzustellen. Durch geschmolzenes, im Platintiegel befindliches, saures wolframsaures Kali wurde der starke Strom von sechs grofsen Zink-Eisen-Elementen geleitet. An der Anode, die aus einem Platindraht bestand, schied sich sogleich ein in Nadeln schön krystallisirter Körper ab, während sich an den Wänden des Platintiegels Sauerstoffgas in ziemlicher Menge entwickelte. Von Zeit zu Zeit wurde der Platindraht von den Krystallen befreit; schliefslich die ganze Schmelze ausgegossen und durch Auskochen des Platintiegels mit Wasser und Natronlauge noch eine neue Menge von am Boden befindlichen Krystallen erhalten. Durch 9 bis 10 stündige Einwirkung des elektrischen Stromes gewann ich ungefähr 35 Gr. der Verbindung, welche durch wiederholtes, abwechselndes Kochen mit starker Natronlauge und Salzsäure, wobei die Krystalle durchaus nicht angegriffen werden, gereinigt wurde. Sie besteht aus Krystallen, die quadratische Prismen bilden, welche mit Endfläche und oft auch aus mit einem auf die Prismenflächen aufgesetzten Octaëder versehen sind, das letztere ist jedoch fast immer sehr bauchig und krumm, während die Prismenflächen sehr glatt und glänzend sind. Die Krystalle erreichen eine Länge bis 10^{mm} und eine Dicke von 1^{mm}; ihre Farbe gleicht der des sublimirten Indigos, doch ist der Kupferglanz etwas stärker; ihr Pulver ist tief indigblau mit geringem Kupferschein. Sie sind durch Säuren, auch Flufssäure, und wäfsrige Alkalien unangreifbar; beim Glühen oxydiren sie sich in feingepulvertem Zustande leicht unter Erglimmen zu gelber Wolframsäure, und wird 1 bis 1,5 Gr. in 1½ bis 2 Stunden völlig oxydirt, so dafs diese Methode, sie aufzuschliefsen, die bequemste ist. Die Scheibler'sche Verbindung oder

vielmehr die nach seiner Vorschrift dargestellte Natronverbindung, die ich nicht analysirt habe, oxydirt sich beim Erhitzen eben so leicht. Die Krystalle der Kaliverbindung haben das specifische Gewicht 7,60, denn

4,1345 Gr. verloren in Benzin 0,5595 Gr. entsprechend 0,6582 Gr. in Wasser, also ist ihre Dichte 7,605.

4,502 Gr. verloren unter Benzin 0,504 Gr. entsprechend 0,593 unter Wasser, also beträgt ihre Dichte 7,592.

Da die Verbindung nur Kali und Wolframoxydationsstufen halten konnte, weil das Kalisalz $3KO, 7WO^3$ völlig rein angewendet worden war, so wurde zur Analyse erstens die Sauerstoffmenge bestimmt, welche die Verbindung beim Glühen aufnahm, und zweitens in dem so erhalten Product das Kali bestimmt, indem dasselbe 2 bis 3mal mit Salzsäure, zuletzt bei 120° bis 125° C. abgedampft, und das entstandene Chlorkalium mit $\frac{1}{10}$ Silberlösung titrirt wurde. Dafs in der Verbindung unbedingt Wolframoxyd WO^3 und nicht blaues Oxyd W^2O^5 enthalten ist, geht daraus hervor, dafs das letztere beim Uebergang in Wolframsäure nur 3,57 Proc. Sauerstoff aufnimmt, die Verbindung jedoch 5,33 Proc. Sauerstoff aufnahm. Die beiden fast mit einander übereinstimmenden Kalimengen geben einen Ueberschufs von 0,277 Proc. KO, der vielleicht daher rührt, dafs die Krystalle eine Spur Schmelze mit einschliefsen. Das Trocknen des feinen Krystallpulvers geschieht am besten nicht viel über 100°, da es sich ziemlich leicht in höherer Temperatur oxydirt.

a) 1,3435 Gr. der Verbindung nahm beim Glühen zu um 0,0711 Gr. = 5,30 Proc. Sauerstoff.

b) 1,091 Gr. der Verbindung nahm beim Glühen zu um 0,0585 Gr. = 5,36 Proc. Sauerstoff.

c) 2,503 Gr. oxydirter Verbindung, entsp. 2,3608 Gr. nicht oxydirter Substanz, erforderten 5,4 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung, entsprechend 0,02538 Gr. Kali oder 1,072 Proc.

d) 6,2075 Gr. oxydirter Verbindung, entsp. 5,8938 Gr. nicht oxydirter Substanz, erforderten 13,6 CC. $\frac{1}{10}$ Silberlösung, entsprechend 0,06392 Gr. Kali oder 1,083 Proc.

Nach der Formel KO, $WO^3 + 4WO^3$ mufste die Verbindung 4 At. Sauerstoff aufnehmen, um in Wolframsäure überzugehen oder 5,36 Proc. Sauerstoff. Im Mittel aus den Versuchen *a*) und *b*) nimmt sie 5,33 Proc. Sauerstoff auf. Nach der Formel enthält sie 0,80 Proc. Kali, statt dessen im Mittel 1,078 gefunden sind.

Bei der Einwirkung von metallischem Zink auf geschmolzene wolframsaure Salze von der Formel $3RO, 7WO^3$ findet eine heftige Reaction statt. Bei Anstellung des Versuchs mit saurem wolframsaurem Natron erhielt ich dadurch eine wahrscheinlich neue Verbindung, denn nach dem Auskochen der Schmelze mit Königswasser und starker Natronlauge blieb eine in Prismen krystallisirte Verbindung zurück, die mit keiner mir bekannten übereinstimmt, die ich bis jetzt jedoch in zu geringer Menge erhalten habe, um sie analysiren zu können.

V. *Experimentelle und theoretische Untersuchung über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere; von J. Plateau.*

Siebente Reihe [1]).

Neues Studium der Glycerinflüssigkeit; weit sicherere und wirksamere Darstellungsweisen als die älteren. — Theorie der Erzeugung flüssiger Lamellen (Fortsetzung); Anwendungen. — Verschiedene Arten von flüssigen Lamellen. — Theorie der Erzeugung flüssiger Fäden. — Allgemeines Princip der Darstellung von Flächen von nullgleicher mittlerer Krümmung im Laminarzustand.

Zur Zeit der Veröffentlichung meiner fünften Reihe hatte ich viele Versuche gemacht, die beste Darstellungsweise

1) *Ann. de chim. et de phys. Sér. IV, T. VIII, p.* 362. Ein vom Verf. gemachter Auszug aus der vollständigen Abhandlung in den *Mém. de Bruxelles T. XXXVI.* Siehe hinsichtlich der früheren Reihen S. 149 dieses Bandes.

der Glycerinflüssigkeit aufzufinden, und glaubte sie gefunden zu haben. Einerseits nämlich hielt sich mit dieser Flüssigkeit, wie ich sie damals bereitete, eine Blase von einem Decimeter Durchmesser, in der freien Luft des Zimmers auf einen Ring von Eisendraht gesetzt, drei Stunden lang, was ungeheuer erscheinen muſs gegen die zwei Minuten, die eine Blase von demselben Durchmesser und unter denselben Umständen aus bloſsem Seifenwasser gebildet, höchstens andauerte; andrerseits hatten mir successive verschiedene Präparate, nach demselben Verfahren dargestellt, immer dasselbe Resultat gegeben, so daſs ich diese Bereitungsweisen als sicher ansah. Neue Präparate, die ich indeſs im folgenden Sommer immer mit englischem Glycerin und Marseiller Seife, in demselben Laden gekauft, bereitete, gaben nicht dieselben Resultate. Ich fühlte daher die Nothwendigkeit, die Glycerinflüssigkeit aufs neue zu studiren, um sicherere und allgemein anwendbare Verfahrungsarten aufzufinden. So bin ich zu einer einfachen Theorie der besagten Flüssigkeit gelangt, einer Theorie, die ich in meiner Abhandlung auseinandergesetzt und mittelst deren ich Darstellungsweisen erdacht habe, deren fast vollständige Zuverlässigkeit ich glaube verbürgen zu können, da ich sie vielmals mit Glycerin und Seife von zweierlei Herkunft befolgt habe. Nach diesen neuen Verfahrungsarten erlangen überdieſs die Lamellen eine weit längere Dauer als die besten nach der älteren Vorschrift.

Das in meiner fünften Reihe empfohlene englische Glycerin (Glycerin von Price) schien mir immer das beste zu seyn. Uebrigens fabricirt man jetzt in Frankreich nach demselben Verfahren Glycerin, welches viel wohlfeiler und wohl ganz das von Price ersetzen könnte, aber in anderen Verhältnissen angewandt werden müſste. Die besten Resultate habe ich immer im Sommer erhalten und ich begnüge mich hier, das für diese Jahreszeit geeignete neue Verfahren zu beschreiben.

Man muſs eine heiſse Witterung wählen, damit die Temperatur des Zimmers wenigstens bei Tage, während

der ganzen Dauer der Zubereitung nicht unter 20° C. herabsinke. Man nimmt Marseiller Seife, frisch gekauft, damit sie noch ihre ganze Feuchtigkeit besitze, schneidet sie in sehr kleine Stücke und löst sie bei mäfsiger Wärme in den 40fachen Gewichte destillirten Wassers auf. Ist die Lösung beinahe auf die Zimmertemperatur herabgekommen, so filtrirt man sie und gieſst nun zu 3 Volumen derselben 2,2 Volumen Price'sches Glycerin, schüttelt die Mischung stark und lange, damit sie recht innig werde, und läfst sie darauf eine Woche stehen. Am Morgen des achten Tages taucht man die Flasche in Wasser, das man durch Umrühren mit Eisstücken soweit abkühlt, dafs die Temperatur ungefähr auf 3° sinkt, und diese Temperatur unterhält man sechs Stunden lang durch angemessene Zusätze von Eis. Darauf filtrirt man die Flüssigkeit durch sehr durchdringliches Papier, dabei verhütend, dafs die Flüssigkeit sich auf dem Filtrum erwärme, denn sonst könnte der durch die Kälte bewirkte Niederschlag sich theilweis wieder lösen. Zu dem Ende bringt man in das Filtrum, ehe man die Flüssigkeit darauf gieſst, ein längliches Fläschchen voller Eisstücke und versehen mit einem Stöpsel, um ihm mehr Gewicht zu geben. Dieses Fläschchen mufs geneigt stehen, damit seine Seitenwand sich an das Filtrum anlehne; endlich umgiebt man die Basis der Flasche, welche den Trichter trägt, mit Eisstücken, zieht die Flüssigkeit aus dem kalten Bade, und gieſst sie sogleich auf das Filtrum. Die ersten Portionen der durchgehenden Flüssigkeit sind trübe; man gieſst sie auf das Filtrum zurück und wiederholt diese Operation zwei oder drei Mal, bis das Filtrat vollkommen klar ist. Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, dafs wenn die Filtration etwas lange dauert, man von Zeit zu Zeit das Eis im Fläschchen erneuen müsse; das rings der Basis der Flasche angebrachte Eis bezweckt, die Wieder-Erwärmung der zuerst durchgehenden und den Niederschlag mit sich führenden Portionen zu verhüten. Wenn die Menge der Flüssigkeit grofs ist, mufs man sie auf mehre Filter vertheilen, die man gleichzeitig functioniren läfst.

Nach beendigter Filtration läfst man die Flüssigkeit noch zehn Tage stehen; dann ist die Zubereitung vollendet.

Das so dargestellte Liquidum giebt, unter den besten Umständen, aufserordentlich dauerhafte Producte. Eine Blase von einem Decimeter Durchmesser, in der freien Luft des Zimmers auf einen, zuvor mit derselben Flüssigkeit benäfsten Ring von Eisendraht von 4 Centm. Durchmesser gesetzt, hielt sich achtzehn Stunden, d. h. sechs Mal so lange als eine aus der in meiner fünften Reihe beschriebenen Flüssigkeit bereitete. Da die Substanzen, aus denen die Flüssigkeit besteht, Producte der Industrie sind, so schwanken sie in ihrer Beschaffenheit, auch habe ich das erwähnte Resultat nur ausnahmsweise erhalten. Uebrigens wird man die Vorzüglichkeit und Zuverlässigkeit des neuen Verfahrens aus dem Folgenden beurtheilen können.

Unter 21 Präparaten, die successive in den Sommern der vier letzten Jahre mit verschiedenen Proben von Price'schen Glycerin und Marseiller Seife dargestellt wurden, gaben mir nur zwei, bei denen Glycerin und Seife dieselben waren, schlechte Resultate; allein ich habe Gründe, einen Fehler in der Abwägung der Seife zu vermuthen. Alle Flüssigkeiten wurden mittelst einer, wie erwähnt, auf einen Ring gesetzten Blase von ein Decimeter Durchmesser geprüft. Rechnet man die zwei schlechten Präparate ab, bleiben neunzehn, von denen drei eine Maximum-Dauer von 5 Stunden geben, drei andere von 7 Stunden, zwei von 8 Stunden, vier von 9 Stunden, vier von 10, eins von 11, eins von 12, und eins von 18 Stunden.

Recht merkwürdig ist, dafs die Blasen, ungeachtet ihrer langen Dauer, nach einer oder zwei Stunden in ihrer ganzen Ausdehnung eine fast gleichförmige Dicke erlangen, abgerechnet den unten von dem Drahtring aufgefangenen Theil. Man erkennt diese Gleichförmigkeit an der Anordnung der Farben.

Ueberdiefs, und diefs ist nicht weniger interessant, steigen diese Farben anfangs gegen die ersten Ordnungen auf, sinken dann insgemein bis zum Roth und Grün der letz-

teren manchmal selbst bis zum Weifs herab. Dieſs Zurückgehen der Farben rührt, wie ich in meiner fünften Reihe gezeigt habe, davon her, daſs die Glycerinflüssigkeit Feuchtigkeit aus der umgebenden Luft absorbirt.

Die Theorie, die ich mir von der Glycerinflüssigkeit gemacht, führt noch zu der Folgerung, daſs man, wenn man ölsaures Natron statt Marseiller Seife nimmt, eine bessere Flüssigkeit als die beste mit Seife bereitete erhalten müsse, und das bestätigt die Erfahrung vollkommen; in der That reichte es hin, ölsaures Natron bei mäſsiger Wärme in destillirtem Wasser zu lösen und die Lösung in demselben Verhältniſs wie bei der Seife mit Glycerin zu vermischen. Am nächsten oder zweiten Morgen waren die so bereiteten Flüssigkeiten für die Versuche fertig; sie gaben mir Blasen von einem Decimeter, die sich in freier Luft über 24 Stunden hielten. Die Flüssigkeit mit ölsaurem Natron ist also die wahre Glycerinflüssigkeit; es ist die der Theorie. Sie ist besser als die Seifenflüssigkeit und auch leichter zu bereiten. Unglücklicherweise ist das ölsaure Natron nicht käuflich und man muſs daher zu der Gefälligkeit eines Chemikers seine Zuflucht nehmen.

In verschlossenen Gefäſsen zeigen die Blasen aus Glycerinflüssigkeit eine noch viel längere Dauer, besonders wenn man auf dem Boden des Gefäſses eine absorbirende Substanz, z. B. Chlorcalcium, angebracht hat. Eine Flüssigkeit aus ölsaurem Natron z. B., die nicht einmal vortrefflich war und in freier Luft eine Dauer von höchstens nur 12 Stunden gab, lieferte mir, ohne Austrocknung der Luft des Gefäſses, eine Maximum-Dauer von 41 Stunden, und, mit der Austrocknung, eine solche von mehr als 54 Stunden. In meiner Abhandlung gebe ich auch noch gewisse Vorsichtsmaaſsregeln.

Nach diesem über die Glycerinflüssigkeit Gesagten, komme ich auf die Erzeugung der Lamellen zurück. In der zweiten und sechsten Reihe studirte ich unter dem Gesichtspunkt ihrer Erzeugung und aller ihrer Besonderheiten; 1) die Lamellen, welche sich bilden, wenn man ein

Drahtgerippe, an welche man, eingetaucht in die alkoholische Flüssigkeit, eine volle Oelmasse angeheftet hat, langsam aus dieser Flüssigkeit emporzieht; 2) die Lamellen, welche an der Oberfläche einer Flüssigkeit durch Luftblasen gebildet werden; 3) diejenigen, welche an einem, aus der Glycerinflüssigkeit gezogenen, Drahtgerippe entstehen. In der gegenwärtigen Reihe dehne ich diese Untersuchung auf andere Arten von flüssigen Lamellen aus.

Ich beginne mit den vollständigen Blasen, die durch Insufflation mittelst einer erweiterten Röhre erhalten werden. Wenn man z. B. die Mündung eines Pfeifenkopfs in Seifenwasser oder Glycerinflüssigkeit taucht und darauf herauszieht, so spannt sich zunächst eine kleine Lamelle über die Mündung aus, und ich zeige, dafs, wenn man mit dem Heben der letzteren fortfährt, das Gestaltgleichgewicht der Lamelle bald instabil wird; diese zieht sich zusammen, schliefst sich rasch an ihrer Basis, trennt sich von der Flüssigkeit und füllt in ebener Form die Mündung. Bläst man nun durch die Röhre, so ist die Blase an einer ihrer Seiten einem Druck-Ueberschusse ausgesetzt, und sie mufs entweder bersten oder nach aufsen sich wölben; sobald sie nicht zu dünn ist, wird ihre Cohäsion das Bersten hindern und folglich wird sie anfangen unter Ausdehnung sich zu wölben, und da zugleich die Schleimigkeit das Herabsinken der flüssigen Theilchen gegen den untersten Punkt der Krümmung verzögert, so fährt die Lamelle fort sich zu wölben und auszudehnen. Da sie sich endlich gegen einen kreisrunden Umfang stützt und von diesem Umfang aus in ihrer ganzen Ausdehnung continuirlich ist, so mufs sie nach einem in meiner vierten Reihe aufgestelltem Princip ein Kugelstück bilden. Durch das fortgesetzte Einblasen wird das so gebildete Kugelstück immer an Durchmesser zunehmen, bis endlich die Lamelle in Folge ihrer Verdünnung berstet.

Wenn man, ehe der Punkt des Berstens erreicht ist, mit dem Blasen aufhört und der Pfeife eine rasche Bewegung von unten nach oben giebt, so bleibt die Blase, in

Folge ihrer Trägheit und des Widerstandes der umgebenden Luft, mehr oder weniger zurück, allein wegen ihrer Cohäsion und ihrer Adhärenz an dem starren Rande, berstet sie nicht, sondern bleibt eine Zeitlang mit diesem Rande durch einen laminaren Schweif vereint. Nehmen wir nun zur Vereinfachung an, dafs die rasche Bewegung der Pfeife genau senkrecht gegen die Ebene der Mündung ausgeführt worden sey, so wird die Lamelle nicht aufhören eine Umdrehungsgestalt zu besitzen; und ich habe in meiner vierten Reihe gezeigt, dafs die Kugel die einzige auf der Axe geschlossene Umdrehungs-Gleichgewichtsfigur ist; diese geschweifte, unten auf der Axe geschlossene Figur, ist daher keine Gleichgewichtsgestalt; sie mufs sich also von selbst verändern und klar ist, dafs der Schweif sich zusammenziehen wird, um in zwei Portionen zu zerfallen, von denen die obere die Mündung im Zustand einer ebenen Lamelle einnehmen und die untere die Blase schliefsen wird, welche letztere sonach in der Luft isolirt ist und eine vollständige Kugel bildet.

Jedermann weifs, dafs man auch am Ende einer engen nicht ausgebauchten Röhre Blasen bilden kann. Wenn man in diesem Fall das Ende der Röhre in die Flüssigkeit getaucht und herausgezogen hat, hält sich im Innern der Röhre eine kleine Säule dieser Flüssigkeit durch Capillarität und wenn man darauf am andern Ende bläst, bildet diese Säule an der Mündung eine kleine Masse, in welche Luft eindringt, um sie auszudehnen und zu einer Blase auszubilden.

Ich erinnere hierauf an ein bekanntes, aber sonderbares Verfahren zur Darstellung ebener oder fast ebener flüssiger Lamellen. Man faist mit beiden Händen, am Boden und am Halse, eine Flasche, in welcher sich eine kleine Menge Glycerinflüssigkeit befindet, hält sie horizontal, und ertheilt ihr eine solche Bewegung, dafs die Flüssigkeit genöthigt wird, die ganze concave Innenwand zu benässen. So wie man damit einhält, sieht man insgemein eine oder mehre Lamellen die Flasche quer durchsetzen. Man kann

dann die Flasche aufrichten und mit ihren nun horizontalen Lamellen auf einen Tisch stellen. Die Entstehung dieser Lamellen erkläre ich in meiner Abhandlung durch Cohäsion und Viscosität.

Diese Lamellen besitzen merkwürdige Eigenschaften: sie haben eine erstaunliche Dauer und ihre Farben erreichen das Schwarz. Eine solche Lamelle, in einer Flasche von 7 Centimeter Durchmesser dargestellt, hielt sich achtzehn Tage, und sie war in ihrer ganzen Ausdehnung schwarz geworden.

Eine eigenthümliche Art von flüssigen Lamellen, bei denen ich länger verweile, sind die, welche aus der Ausbreitung einer bewegten Flüssigkeit entstehen. Savart hat auf diese Lamellen aufmerksam gemacht in zwei schönen Abhandlungen in den *Annales de chimie et physique* (1833) *T. LIV, p.* 55 und *T. LV, p.* 257. [1])

In der ersteren studirt dieser berühmte Physiker speciell die Phänomene, welche sich bilden, wenn der continuirliche Theil eines aus einer kreisrunden Oeffnung von oben nach unten herabschiefsenden Flüssigkeitsstrahls senkrecht auf die Mitte einer kleinen starren Scheibe stöfst. Unter diesen Umständen breitet sich die Flüssigkeit zu einer Hülle (*nappe*) oder Lamelle, aus, die, unter sonst gleichen Umständen, je nach der Geschwindigkeit des Ausflusses, verschiedene Formen besitzt. Unter einer mäfsigen Belastung breitet sich die auf die Scheibe stofsende Flüssigkeit ringsum zu einer vollkommen ebenen Lamelle aus, welche die Gestalt einer umgekehrten grofsen Schale hat, deren freier, schwach gezahnter Rand eine grofse Anzahl von Tröpfchen fortsendet, die von den Hervorragungen der Zahnung ausgehen. Wenn die Belastung abnimmt, krümmt sich die Lamelle immer mehr, und endlich schliefst sie sich unten.

In der zweiten Abhandlung beschäftigt sich Savart mit dem Effect des gegenseitigen Stofses der continuirlichen Theile zweier Flüssigkeitsstrahlen, die in Richtungen, welche im Punkte des Zusammentreffens genau entgegengesetzt

1) Auch diese Ann. Bd. 29, S. 353 u. 356 und Bd. 33, S. 451 u. 520.

sind, aus kreisrunden Oeffnungen fortschiefsen. Unter gleichen Belastungen und bei gleichen Oeffnungen breitet sich die Flüssigkeit zu einer Scheibe aus, deren Ebene winkelrecht ist, zur gemeinschaftlichen Tangente an den Axen beider Strahlen. Für eine mäfsige gemeinschaftliche Belastung ist die flüssige Scheibe umgeben von einem kleinen Wulst, aus welchem eine Unzahl von Tröpfchen entweicht.

Diese Beobachtungen führen Savart im Falle mäfsiger Belastungen zu den beiden Gesetzen: Bei gleichen Oeffnungen ist der Durchmesser der Hülle (*nappe*) nahezu proportional der einfachen Belastung; und bei gleicher Belastung ist sie beinahe proportional dem Flächenraum der Oeffnung.

Er zeigt darauf, dafs bei ungleichen Oeffnungen und bei einer beträchtlichen gemeinsamen Belastung die Lamelle konisch ist, und dafs diese Lamelle, wenn die Belastung hinreichend abnimmt, sich an ihrer Basis zusammenzieht und endlich schliefst.

Die Schliefsung dieser Lamellen und der der ersten Abhandlung schreibt Savart einer Molecular-Attraction zu, begnügt sich aber mit dieser flüchtigen Idee. Ich erkläre die Thatsachen in genauerer Weise durch folgende Betrachtung: Wenn eine flüssige Lamelle gekrümmt ist und ihre beiden Hauptkrümmungen nicht von entgegengesetztem Sinne sind, übt jedes ihrer Elemente, wie ich in meiner fünften Reihe gezeigt habe, einen gegen die Concavität gerichteten winkelrechten Druck aus. Es ist dieser Druck, welcher, wenn die Fortschleuderungs-Geschwindigkeit hinreichend geschwächt worden, die Meridian-Krümmung der besagten Lamellen vergröfsert, bis dieselben sich vollständig schliefsen.

Zur Vervollständigung der Theorie erübrigt noch zu erklären: Die Begränzung der nicht geschlossenen Lamellen und die Bildung der aus ihren Rändern entweichenden Tröpfchen.

Hr. Hägen, welcher die hauptsächlichsten Versuche der

zweiten Abhandlung wiederholt und abgeändert hat,[1]) giebt in Betreff der Begränzung eine Theorie, welche richtig zu seyn scheint, und zu den beiden oben genannten Gesetzen führt. Was die Entstehung der Tropfen betrifft, so bekennt dieser Physiker, dafs er für sie keine befriedigende Erklärung habe, und das mufste so seyn, weil das Phänomen von einem in meiner zweiten Reihe aufgestellten Princip abhängt, welches Hr. Hagen noch nicht kennen konnte. Folgendes ist, ich bin des gewifs, die richtige Erklärung der Tropfenbildung.

Betrachten wir, was unmittelbar an der Mündung beider Oeffnungen vorgeht, während die flüssige Scheibe im Durchmesser wächst. Diese Scheibe bildet eine Umdrehungsfigur, deren Meridianschnitt offenbar an ihrem Aequator, d. h. am Ende der Hülle (*nappe*) selbst, eine sehr starke Krümmung darbietet. Diese starke Krümmung bedingt nun nothwendig einen sehr kräftigen Capillardruck in Richtung des Radius der Scheibe und im entgegengesetzten Sinn der Bewegung; am Rande der Scheibe ist also die Flüssigkeit von zwei entgegengesetzten Kräften ergriffen, von denen die eine vom Mittelpunkt abstrebt und die andere ihm zustrebt, und daraus mufs eine seitliche Verschiebung der Flüssigkeit hervorgehen; mit andern Worten: während die Scheibe sich entwickelt, mufs ihrem ganzen Umfang entlang die abgestofsene Flüssigkeit einen Wulst bilden. Da nun dieser Wulst die Gestalt einer Art von ringförmigem Cylinder besitzt, so bildet er, nach dem in meiner zweiten Abhandlung Gesagten, eine instabile Figur, und mufs sich also nothwendig während seiner Entwicklung in isolirte Massen auflösen. Ueberdiefs kann der Wulst, vermöge der Trägheit seiner gesammten Masse, seine Geschwindigkeit nicht vollständig zu gleicher Zeit mit dem Theil der Lamelle verlieren, an welchem er unmittelbar haftet; die kleinen Massen, in welche er verwandelt ist, werden sich also von dem Umfang der Lamellen trennen und mit dem erlangten kleinen Ueberschufs von Geschwindigkeit fort-

1) Abhandl. d. Berlin. Akad. für 1845 und diese Ann. Bd. 78, S. 451.

fliegen. In diesem Moment mufs der Capillardruck wiederum schnell einen andern Wulst bilden, der sich bald darauf, wie der erste, in isolirte Massen auflöst, und so fort.

Ich zeige in meiner Abhandlung, dafs diese Theorie allen von Savart, von Hrn. Hagen und Hrn. Magnus[1]) beobachteten Einzelheiten genügt; sie pafst auch auf die Tropfen, welche vom Rande der offenen Lamellen der ersten Savart'schen Abhandlung fortgeschleudert werden.

Zu den in Rede stehenden Lamellen gehören auch die, welche Hr. Magnus durch den Zusammenstofs zweier Strahlen, deren Axen einen gewissen Winkel mit einander machen, gebildet hat. Diese Lamellen besitzen sonderbare Eigenthümlichkeiten, deren Erklärung leicht ist.

Man hat vorhin gesehen, dafs die Savart'schen Lamellen, wenn sie krumme Gestalten besitzen und man die Geschwindigkeit der Flüssigkeit hinreichend vermindert, sich schliefsen vermöge des Capillardrucks, welcher alle Punkte ihrer beiden Seiten in Folge der Krümmung dieser ausüben. Es ist dieselbe Art von Erscheinungen, zu welcher die von meinem Sohn beobachtete sonderbare Blasenbildung gehört.[2]) Dieser Versuch besteht darin, dafs man Seifenwasser, welches in einer Schale enthalten ist, schief in die Luft schleudert, so dafs sich die Flüssigkeit zu einer Hülle (*nappe*) oder Lamelle ausbreitet. Diese Lamellen zerreifsen insgemein in mehre Stücke, deren jedes sich sogleich zu einer hohlen Blase schliefst, welche mehr oder weniger langsam herabsinkt. Das Phänomen entspringt daraus, dafs der Rand jeder partiellen Lamelle sich mit einem Wulst umgiebt, welcher schneller sinkt als die Mitte, gegen welche der Widerstand der Luft wirkt, so dafs die Lamelle eine stark gewölbte, nach oben convexe Gestalt annimmt. Die capillaren Drucke thun das Uebrige.

Endlich bespreche ich eine letzte Art von Lamellen. Sie werden auch durch eine bewegte Flüssigkeit gebildet, allein die Cohäsion und Viscosität spielen bei ihrer Bil-

1) Diese Annal. Bd. 95, S. 1 und Bd. 96, S. 1.

2) Ebendaselbst Bd. 121, S. 653.

dung nur eine secundäre Rolle, weil die molecularen Fäden, aus welchen man sie sich zusammengesetzt denken kann, kein Bestreben haben, sich von einander zu entfernen. So beschaffen ist der Flüssigkeitsstrahl, der aus einer Oeffnung von Gestalt einer geradlinigen Spalte von oben nach unten fortschiefst und seinem seltsamen Anblick nach bekannt ist. Ich habe vor langer Zeit einen Versuch beschrieben, der mir insofern interessant erscheint, als er eine grofse vertikale flüssige Lamelle zeigt, von deren freien Rändern einer, versehen mit einem Wulst, geradlinig und gegen den Horizont geneigt ist. Er besteht darin, dafs man Wasser aus einer senkrechten und geradlinigen Spalte fliefsen läfst, die in der Seitenwand des Gefäfses von einem Punkte nahe am Boden bis oberhalb des Niveaus der Flüssigkeit gemacht worden ist. Es ist der obere freie Rand der Lamelle, welcher die angegebene Gestalt besitzt. Ich gebe in meiner Abhandlung die Theorie des Phänomens und die Bedingungen eines guten Gelingens.

Aus meinen früheren Reihen kann man ersehen, dafs, wenn eine instabile flüssige Gestalt von selbst in zwei oder mehre Massen oder partielle Gestalten zerfällt, dieselben vor ihrer vollständigen Trennung noch zu je zwei vereint bleiben durch einen mehr oder weniger cylindrischen flüssigen Faden, der hierauf in gesonderte Kügelchen zerfällt. Ich zeige, dafs das Phänomen der Entstehung dieser Fäden analog ist dem der Entstehung der Lamellen, und dafs es gleichfalls die Cohäsion und die Viscosität der Flüssigkeit zu Ursachen hat.

Ich schliefse mit der Angabe eines allgemeinen Princips in Betreff der Darstellung von Flächen nullgleicher Mittelkrümmung im Laminarzustand. Diefs Princip, auf welches ich eine grofse Wichtigkeit lege, ist folgendes:

Es sey gegeben eine Fläche von nullgleicher Mittelkrümmung; man denke sich auf ihr irgend eine geschlossene Linie gezogen, die blofs den Bedingungen unterliegt: 1) *dafs sie eine endliche Portion der Fläche umschreibe, und* 2) *dafs*

diese Portion nicht die Stabilitätsgränze überschreite, falls die gegebene Fläche solche Gränzen hat. Man gebe einem Eisendraht genau die Gestalt der oben erwähnten geschlossenen Linie, oxydire ihn ein wenig mit verdünnter Salpetersäure, tauche ihn ganz in die Glycerinflüssigkeit und ziehe ihn heraus; dann wird er eingenommen seyn von einer Lamelle, welche die besagte Portion der Fläche repräsentirt. Natürlich mufs die Drahtfigur mit einem Ansatz versehen seyn, mittelst dessen man sie halten kann.

Die Ebene z. B. ist eine Fläche von nullgleicher Mittelkrümmung und irgend eine auf ihr gezogene geschlossene Linie begränzt eine bestimmte Portion dieser Ebene. Krümmt man nun einen schwach oxydirten Eisendraht nach einer willkürlichen ebenen, aber geschlossenen Figur, taucht ihn in Glycerinflüssigkeit und zieht ihn heraus, so nimmt er immer eine ebene Lamelle mit sich. Ebenso, wenn man sich auf einer zwischen zwei kreisrunden Basen gelegenen Catenoide eine Figur, gebildet aus zwei gegenüberliegenden Meridianbögen und den halben Circumferenzen der beiden Basen, gezogen denkt, und nimmt diese beiden Halb-Circumferenzen auf derselben Seite der Ebene, welche die beiden Meridianbögen enthält, so giebt diese Figur, construirt von Eisendraht und getaucht in Glycerinflüssigkeit, eine Lamelle, welche die entsprechende Portion der Catenoide repräsentirt.

So stellt man, wie durch Zauber, Flächen dar, die meistens sehr sonderbar sind. Die einzige Schwierigkeit besteht in der Auswahl der geschlossenen Linie und in der genauen Bestimmung ihrer Gestalt. Man gelangt aber immer leicht dahin, wenn man entweder die Gleichung oder die geometrische Erzeugung der Fläche kennt. In einer späteren Reihe werde ich neue Beispiele von diesen Verwirklichungen kennen lehren.

VI. *Beiträge zur Kenntniſs des Bleikammer-processes; von Rudolph Weber.*

Bei der Fabrikation der englischen Schwefelsäure findet bekanntlich ein erheblicher Verlust an Salpetersäure statt. Man bezeichnet als die wesentlichste Ursache dieses Verlustes die Fortführung der salpetrigen Dämpfe durch die ausgenutzten Kammergase. Die Menge dieser den Sauerstoff der Kammer-Atmosphäre an die schweflige Säure übertragenden Produkte darf, wie es die Praxis ergiebt, eine gewisse Gränze nicht unterschreiten, weil bei Anwesenheit zu geringer Quantitäten erfahrungsmäſsig Verluste an schwefliger Säure stattfinden und weil erfahrungsmäſsig in diesem Falle der Consum an Salpetersäure sogar gröſser ist als bei normalem Gange der Kammer. Ein gewisser Gehalt an salpetrigen Dämpfen, welcher an der Färbung der die Kammer verlassenden, eventuell in den Condensator strömenden Gase erkannt wird, ist bei normalem Gange der Bleikammer unvermeidlich. Bei den Bleikammern, welche nicht mit Condensatoren versehen sind, beobachtet man stets das Entweichen reichlicher Mengen brauner Dämpfe, selbst wenn in die Hinterkammer viel Wasserdampf geführt und daselbst eine nur sehr schwache Säure erzeugt wird.

Kleiner ist der Aufgang an Salpetersäure bei Systemen, welche mit Gay-Lussac'schen Condensatoren verbunden sind; der Augenschein lehrt schon, daſs ein groſser Theil der braunen Dämpfe den abströmenden Kammergasen entzogen wird. Dennoch findet ein verhältniſsmäſsig bedeutender Consum an Salpetersäure statt. Diese Thatsache, sowie namentlich der Umstand, daſs die Kammern bei Unterschreitung eines gewissen Quantums von Salpetersäure und bei zu niederer Temperatur unvortheilhaft, auch bezüglich des Consums an Salpetersäure arbeiten, deuten darauf hin, daſs unter gewissen Bedingungen aus den sal-

petrigen Gasen die Bildung von Stickstoffverbindungen stattfindet, welche sich in Berührung mit atmosphärischer Luft nicht höher oxydiren, die also zur Uebertragung des Sauerstoffs an die schweflige Säure untauglich sind.

Vor längerer Zeit hat Pelouze[1]) die Ansicht ausgesprochen, dafs bei Sauerstoff-Mangel in der Kammer-Atmosphäre durch feuchte schweflige Säure eine Reduktion des Stickoxydgases zu Stickoxydulgas eintreten und dadurch ein Verlust an Salpetersäure herbeigeführt werden könne. Nach seiner Angabe verdichtet sich innerhalb weniger Stunden ein Gasgemisch von 2 Vol. Stickoxydgas und 1 Vol. schwefliger Säure bei Gegenwart von Wasser zu 1 Vol. Stickoxydulgas. Mit Rücksicht auf diese Angabe ist empfohlen worden, den Luftwechsel in der Kammer stets der Art eintreten zu lassen, dafs niemals eine vollständige Verzehrung des Sauerstoffs stattfindet, und die Einwirkung der feuchten schwefligen Säure auf Stickoxydgas vermieden wird.

Bei der Wiederholung der von Pelouze beschriebenen Versuche habe ich nicht beobachtet, dafs das Stickoxyd durch schweflige Säure in so kurzer Zeit, als es angegeben ist, zersetzt wird. Eine Einwirkung der Gase zeigt sich vielmehr erst nach längerer Zeit. Ueber dieses für die Technik der Schwefelsäure in Betracht kommende Verhalten der gedachten Gase habe ich folgende Beobachtungen angestellt:

In einer getheilten Glocke wurden über Quecksilber 150^{ccm} gewaschenes Stickoxyd, 74^{ccm} schweflige Säure aufgefangen und 3^{ccm} Wasser in das Gasgemisch gebracht. Durch Schütteln wurden die innern Glaswände mit dem Wasser benetzt. Nach Verlauf von 24 Stunden betrug das Gasvolumen 170^{ccm}. Nach 4 Tagen 150^{ccm}. Nach 10 Tagen 130^{ccm}. Am 10. Tage wurden noch 3^{ccm} Wasser zugefügt. Das Volumen verminderte sich und betrug nach Verlauf von 3 Tagen 110^{ccm}. Beim Schütteln des Gases mit ungesäuerter Eisenvitriollösung trat eine Schwärzung

1) *Ann. Chim. et Phys. T.* 60, *p.* 162.

der Flüssigkeit und eine Reduction des Gas-Volumens auf 60^{ccm} ein. In dem zurückgebliebenen Gase entflammte ein glimmender Span und es verhielt sich wie Stickoxydul. Der beschriebene Versuch wurde mit demselben Erfolge wiederholt. Die Temperatur des Zimmers betrug circa 18° R.

Eine Erwärmung des Gasgemisches auf die mittlere Temperatur der Bleikammer bewirkte keine rapide Reaction der Gase. Desgleichen beschleunigte die Gegenwart von Barytsalzen die Bildung der Schwefelsäure hier nicht; denn die Verminderung des Gasvolumens erfolgte in nicht kürzerer Zeit, als eine verdünnte Lösung von Chlorbarium, statt des Wassers, in das Gasgemisch gebracht wurde.

Rascher erfolgt dagegen die Einwirkung der schwefligen Säure auf das Stickoxydgas, wenn letzteres in einer Eisenvitriol enthaltenden Flüssigkeit aufgelöst ist. Die dunkel gefärbte Lösung dieses Gases wird bald hell, wenn man sie mit einer gesättigten, wässerigen Auflösung von schwefliger Säure vermischt, wobei gelindes Erwärmen noch den Proceſs beschleunigt.

Da die Einwirkung der feuchten schwefligen Säure auf Stickoxydgas so langsam vor sich geht, so ist es nicht wahrscheinlich, daſs durch diese Reaction die Zerstörung erheblicher Mengen von Stickoxyd in der Bleikammer stattfindet, zumal da in der Praxis die vollständige Entziehung des Sauerstoffs der Kammerluft bekanntlich niemals erfolgt. Die Analysen der abziehenden Gase weisen stets noch einen erheblichen Gehalt von freiem Sauerstoff nach.

Die im Folgenden beschriebenen Thatsachen weisen darauf hin, daſs in der Bleikammer unter gewissen Bedingungen durch die anormale Zersetzung der salpetrigen Säure durch schweflige Säure erhebliche Verluste stattfinden können. Die salpetrige Säure wird nämlich bei Ueberschuſs von Wasser durch schweflige Säure leicht zu Stickoxydulgas reducirt. Zu dieser Thatsache leitete die Beobachtung, daſs die Quantität von Schwefelsäure, welche eine gewisse Menge mit vielem Wasser verdünnter rauchender

Salpetersäure beim Vermischen mit wässriger schwefliger Säure erzeugte, fast doppelt so grofs gefunden wurde, als sie hätte ausfallen müssen, wenn diese Säure zu Stickoxydgas reducirt worden wäre.

Zur Prüfung des Verhaltens der salpetrigen Säure zu wäfsriger schwefliger Säure wurde die Quantität der Schwefelsäure bestimmt, welche eine genau ermittelte Menge salpetriger Säure durch Einwirkung auf schweflige Säure erzeugt. Es wurde nämlich eine gewogene Menge von sorgfältig getrocknetem salpetrigsaurem Silberoxyd in heifsem Wasser gelöst, die Lösung mit Chlornatrium zersetzt und das in einem Kölbchen gesammelte verdünnte Filtrat mit Salzsäure angesäuert, dann mit einer frisch bereiteten Auflösung von schwefliger Säure und mit Chlorbariumlösung vermischt, die Luft durch Kohlensäure verdrängt und sodann der Kolben dicht verstöpselt. Am folgenden Tage wurde die klare Flüssigkeit abpipettirt und der Niederschlag in bekannter Weise behandelt. Es ergaben sich folgende Resultate;

Salpetrigs. Silberoxyd.	Schwefels. Baryt.	Schwefelsäure.	
0,917	1,340	0,460	0,238
0,818	1,100	0:378	0,212
0,722	1,120	0,385	0,187
0,760	1,152	0,396	0,197
0,992	1,383	0,475	0,257

Die in der letzten Columne (ohne Ueberschrift) enthaltenen Zahlen stellen die Mengen von Schwefelsäure dar, welche unter der Annahme berechnet worden sind, dafs die salpetrige Säure $\frac{1}{3}$ ihres Sauerstoffgehalts übertragen hat, also zu Stickoxydgas reducirt worden ist;

$$NO_3 + SO_2 = NO_2 + SO_3$$

Da die durch den Versuch gefundenen Werthe fast doppelt so grofs als die berechneten sind, so mufs die salpetrige Säure nahezu $\frac{2}{3}$ ihres Sauerstoffs abgegeben haben, also gröfstentheils zu Stickoxydulgas reducirt worden seyn.

Die Reinheit des Silbersalzes wurde durch Ermittelung des Silberrückstandes beim Glühen geprüft. Es hinter-

liefsen 0,806 des Salzes 0,566 Silber. Die Rechnung ergiebt 0,5652.

Obgleich diese Versuche die in Rede stehende Reaction aufser Zweifel setzen, so erschien es doch von Interesse, das hierbei gebildete Gas aufzufangen und zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurde eine in einem Kölbchen befindliche Auflösung von salpetrigsaurem Kali unter Abkühlung mit einem Ueberschusse von Schwefelsäure oder Salzsäure vermischt und zu der stark sauren Lösung eine überschüssige Menge wäfsriger schwefliger Säure gefügt. Bei Zusatz der letzteren Flüssigkeit findet schon bei gewöhnlicher Temperatur eine lebhafte Gasentwickelung statt. Das durch Erwärmen des Kolbens ausgetriebene Gas wird über warmem Wasser aufgefangen und von der beigemischten schwefligen Säure durch Schütteln mit Wasser befreit. Es zeigt dann die Eigenschaften des Stickoxyduls. Ein glimmender Span entflammt darin. Stickoxydgas tritt hierbei nicht auf, wenn Wasser und schweflige Säure im Ueberschufs vorhanden sind.

Die Bildung von Stickoxydul findet bei der in Rede stehenden Reaction statt, wenn salpetrige Säure auf schweflige Säure bei Gegenwart von vielem Wasser einwirkt. Wenn aber statt des Wassers verdünnte Schwefelsäure mit schwefliger Säure und salpetrigen Dämpfen zusammentrifft, so wird vorwiegend Stickoxydgas erzeugt. Das Stickoxyd entsteht auch aus Wasser, schwefliger Säure und salpetrigen Dämpfen, wenn die Menge des Wassers gering ist und der Quantität nach zu den salpetrigen Gasen in dem Verhältnisse steht, welches bei normalem Gange in der Bleikammer vorhanden ist. Wenn die Auflösung des salpetrigsauren Kali's in sehr grofsem Ueberschufs mit Schwefelsäure versetzt und in die stark saure Lösung gasförmige schweflige Säure geleitet wird, so entweicht reichlich Stickoxydgas. Dasselbe Gas entsteht, wenn man die Auflösung der Bleikammerkrystalle in Schwefelsäure, von der Dichte der Kammersäure, mit gasförmiger schwefliger Säure behandelt.

Zur Veranschaulichung der verschiedenen Reactionen, welche eintreten, wenn schweflige Säure und salpetrige Dämpfe mit überschüssigem Wasser oder mit wasserhaltiger, verdünnter Schwefelsäure zusammentreffen, sind folgende Versuche geeignet:

In einem Glaskolben von circa 1 Liter Inhalt leitet man die durch Erhitzen von Bleisalpeter (in einem Retörtchen) erzeugten braunen Dämpfe, gießt dann vermittelst eines langen Trichterrohres, welches den Boden des Kolbens berührt, circa 50^{ccm} einer Auflösung von wässriger schwefliger Säure in den Kolben und verschließt denselben mit einem Korke. Hierauf schüttelt man den Kolben tüchtig. Die über der Flüssigkeit befindliche Luft verliert bald ihre braune Färbung. Oeffnet man dann den Kolben und bläst vermittelst eines Glasrohres etwas Luft in denselben, so tritt keine Bräunung ein, wenn, wie vorausgesetzt wird, die Flüssigkeit eine solche Menge schwefliger Säure enthielt, daß dieselbe hierbei nicht vollständig in Schwefelsäure übergeführt worden, sondern eine kleine Menge freier schwefliger Säure unverändert geblieben ist. Bei dem Gegenversuche gießt man in den salpetrige Dämpfe enthaltenden Kolben 50^{ccm} Schwefelsäure von circa 1,40 sp. G. welche Säure mit schwefligsaurem Gase vorher gesättigt ist. Durch Schütteln des Kolbens entfärbt sich die Luft in demselben gleichfalls, wohingegen sie sich wieder beim Lösen des Korkes und beim Einblasen frischer Luft bräunt. Durch Zufügen neuer Mengen schweflige Säure enthaltender Schwefelsäure kann man wieder eine Entfärbung erzielen; durch Zuführung von Luft eine Regenerirung des braunen Dampfes herbeiführen. Bei dem ersten Versuche wird aus den salpetrigen Dämpfen Stickoxydul gebildet; beim zweiten Versuche entsteht, wie bei dem normalen Gange der Kammer, Stickoxydgas.

Auch die Salpetersäure wird unter gewissen Bedingungen, wenn auch schwieriger als die salpetrige Säure, durch schweflige Säure zu Stickoxydulgas reducirt. Dieser Proceß findet statt, wenn letztere Säure auf sehr verdünnte

Salpetersäure in der Wärme einwirkt. Um die in Rede stehende Zersetzung herbeizuführen, vermische man 1 Vol. reine Salpetersäure (zweites Hydrat) mit circa 5 Vol. Wasser, welches mit schwefliger Säure gesättigt ist, bringe das Gemisch in einen mit Gasrohr versehenen Kolben und erhitze die Flüssigkeit anfangs gelinde, später bis zum Sieden. Das zuerst sich entwickelnde Gas besteht gröfstentheils aus schwefliger Säure; es wird von dem warmen Sperrwasser fast vollständig absorbirt. Die bei höherer Temperatur, schliefslich beim Sieden, entwickelten Gase enthalten Stickoxydul. Um dieses Gas von dem hierbei meistens entwickelten Stickoxydgase zu befreien, schüttelt man dasselbe mit einer angesäuerten Lösung von Eisenvitriol. Das von Stickoxyd gereinigte Gas zeigt das Verhalten des Stickoxyduls. Ein glimmender Span entflammt in demselben.

Ist die Salpetersäure mit weniger Wasser in Berührung, als eben angeführt, so bildet sich bei einer gewissen Temperatur aus dem Gemische plötzlich viel Stickoxydgas. Diese Säure bildet in Berührung mit schwefliger Säure entschieden schwieriger Stickoxydul, als die salpetrige Säure, und sie giebt, wie früher erörtert,[1]) ungleich weniger leicht Sauerstoff an schweflige Säure als die niederen Säuren des Stickstoffs ab. In der Kälte, in verdünntem Zustande, wird sie nur sehr schwer zersetzt, während selbst sehr verdünnte Lösungen von salpetriger Säure rasch desoxydirt werden.

Gemische von Salpetersäure und verdünnter Schwefelsäure werden von schwefliger Säure unter Bildung von Stickoxydgas leicht zerlegt, selbst wenn die Schwefelsäure nur die Dichte 1,34 hat. Dieser Umstand ist für den Bleikammerprocefs deshalb von Interesse, weil die verdünnte Schwefelsäure in der Kammer die normale Zersetzung der dort vorhandenen Salpetersäure durch die überschüssige schweflige Säure bedingt.

Aus den Gemischen von Salpetersäure und verdünnter

1) Pogg. Ann. Bd. 127, S. 543.

Schwefelsäure wird erstere durch schweflige Säure beseitigt. Besitzt aber die Schwefelsäure die Concentration des ersten Hydrates ($SO_3 HO$), so ist der Vorgang ein wesentlich anderer. Die Salpetersäure wird dann nämlich nur zu salpetriger Säure reducirt, und diese geht eine in der starken Schwefelsäure sich lösende Verbindung ein, in welcher sie der weitern Einwirkung der schwefligen Säure widersteht. Durch Einleiten von schwefliger Säure in ein Gemisch aus engl. Schwefelsäure und circa 10 Proc. starker Salpetersäure, welches in einer geräumigen, verschliefsbaren Flasche sich befindet, erzeugen sich, wenn die gesättigte Flüssigkeit circa 24 Stunden steht, an den Wandungen krystallinische Absätze, unzweifelhaft die bekannten Bleikammerkrystalle. Wird, nachdem die Krystallmasse in der Säure gelöst ist, durch die Flüssigkeit wieder trockene schweflige Säure geleitet, und die Flasche dann kühl gestellt, so erscheint am folgenden Tage die Säure intensiv violett gefärbt und behält diese Farbe, wenn sie in einer dicht verschlossenen Flasche unter einer Atmosphäre von schwefliger Säure aufbewahrt wird. In dieser violetten Flüssigkeit ist eine erhebliche Menge schwefliger Säure gelöst, welche letztere entweicht, sobald man die Flüssigkeit unter die Luftpumpe bringt; gleichzeitig verschwindet hierbei die characteristische Färbung. Desgleichen wird durch Erwärmen die Färbung der in einer dicht verschlossenen Flasche enthaltenen Flüssigkeit verringert; die Färbung kehrt beim Erkalten wieder zurück. Die Flüssigkeit hingegen wird dauernd entfärbt, wenn man sie mit Salpetersäure vermischt, sie mit Wasser stark verdünnt, oder an der Luft stehen läfst.

Die unter der Luftpumpe in Folge der Abgabe der gröfsten Menge schwefliger Säure entfärbte Flüssigkeit enthält reichlich salpetrige Säure. Aus Jodkalium scheidet sie viel Jod aus, wenn man dieses Salz in die mit Wasser zuvor sehr verdünnte Säure einträgt. Es befindet sich also in dieser gefärbten Flüssigkeit eine salpetrige Säure enthaltende Verbindung und aufserdem freie schweflige Säure.

Nur dieses Factum constatiren obige Versuche; über die Natur des farbigen Körpers geben sie keinen weiteren Aufschluſs.

Die vorstehend beschriebenen Versuche weisen darauf hin, daſs bei der Fabrikation der Schwefelsäure Verluste an Salpetersäure nicht nur durch Entweichen von Stickoxyd oder salpetriger Säure entstehen, sondern auch in der Bildung von Stickoxydulgas beruhen können. Die für die Erzeugung dieses Gases günstigen Bedingungen können durch einen falsch geleiteten Betrieb herbeigeführt werden; aber selbst bei normalem Gange der Kammer sind sie nicht vollständig auszuschlieſsen.

Wird bei dem Betriebe der Bleikammer Salpetersäure in nicht genügender Menge angewendet, und die Temperatur der Hauptkammer sinkt, so wird erfahrungsmäſsig wenig Schwefelsäure erzeugt und verhältniſsmäſsig viel Salpetersäure aufgewendet. Die Kammer arbeitet unvortheilhaft. In diesem Falle wird höchst wahrscheinlich viel salpetrige Säure durch Berühren mit dem fein zertheilten condensirten Wasser und der überschüssigen schwefligen Säure in Stickoxydul übergeführt. Giebt man dann mehr Salpetersäure, steigert die Temperatur der Haupt-Kammer, so wird (bei derselben Wassermenge) mehr Schwefelsäure gebildet, dadurch der Ueberschuſs des Wassers gebunden und der Umstand beseitigt, welcher die anormale Zersetzung der salpetrigen Säure, resp. die Erzeugung des Stickoxyduls veranlaſst hat. Das Verhältniſs der Mengen von Wasser und salpetriger Säure wird ein derartiges, daſs nur Stickoxydgas als Zersetzungsprodukt der salpetrigen Säure auftritt.

Aus den oben erörterten Thatsachen erklärt sich auch leicht die von den Fabrikanten mehrfach gemachte Beobachtung, daſs eine neue Bleikammer sich leichter in normalen Betrieb setzen läſst, wenn über den Boden derselben Schwefelsäure, nicht Wasser ausgegossen wird. Ein groſser Theil der in den Kammergasen enthaltenen salpetrigen Dämpfe wird nämlich bei Berührung mit dem kalten

Wasser durch schweflige Säure unter Bildung von Stickoxydul zersetzt. Dieser anormale Prozefs, welcher natürlich Verluste an Salpetersäure herbeiführt, wird so lange dauern, bis am Boden der Kammer eine hinreichend starke Schwefelsäure sich angesammelt hat, welche nach dem oben S. 282 beschriebenen Versuche bei Berührung mit salpetrigen Dämpfen und schwefliger Säure die Bildung von Stickoxyd veranlafst.

Auch bei normalem Betriebe sind die Bedingungen für die Bildung von Stickoxydul nicht vollständig auszuschliefsen. Es ist dagegen sehr wahrscheinlich, dafs in der Nähe der Dampfausströmungsöffnungen, woselbst die Dämpfe in ein Aggregat fein zertheilter Wasserpartikel übergegangen sind, also in den sehr feuchten Theilen des Kammerraums, die Bildung von Stickoxydul durch die Reaction der schwefligen Säure auf salpetrige Dämpfe bei Ueberschufs an Wasser stattfindet.

Die Annahme, dafs durch die Reaction der schwefligen Säure auf Stickoxyd in der Bleikammer wesentliche Verluste entstehen, erscheint nach den oben beschriebenen Versuchen nicht begründet. Bei dem Betriebe der Bleikammer wird der Sauerstoff der Luft niemals der Art ausgenutzt, dafs die Kammergase freies Stickoxyd enthalten, weil erfahrungsmäfsig namhafte Verluste an schwefliger Säure eintreten, sobald es in der Kammer an oxydirenden Dämpfen fehlt. Selbst in der von der Eintrittsöffnung der gemischten Gase am entferntesten belegenen Partie des Kammerraumes, in der Hinterkammer, ist bei geregeltem Betriebe wenn auch kein sehr grofser Ueberschufs, so doch stets eine zur Oxydation des Stickoxyds ausreichende Menge von Sauerstoff vorhanden; denn in der sogenannten Laterne erscheinen die Kammergase vor Vermischung mit der Luft, vor dem Austritte aus der letzten Kammer intensiv gefärbt. Von den in diesem Raume im Ueberschufs vorhandenen salpetrigen Dämpfen nimmt die daselbst gebildete Schwefelsäure oft reichliche Mengen auf. Eine derartige Säure scheidet, wie ich beobachtet habe, erhebliche

Mengen Jod aus Jodkalium ab, wenn man das Salz in die mit einem grofsen Ueberschufs von Wasser vermischte Säure einträgt. Durch schweflige Säure wird daraus die salpetrige Säure schnell beseitigt.

Die Gelegenheit, Beobachtungen an einem im Betriebe befindlichen Kammersysteme anzustellen, verdanke ich der Güte des Herrn Commerzien-Rath Kunheim in Berlin, welcher mir stets freundlichst den Zutritt zu seinen Anlagen gewährt und durch seinen Rath mich unterstützt hat.

VII. *Ueber Influenzmaschinen für hohe Dichtigkeit mit festen influenzirenden Flächen; von W. Holtz.*

Jemehr eine Influenzmaschine auf den quantitativen Effect berechnet ist, um so weniger wird sich dieselbe für den intensiven eignen. Denn der erstere wächst mit der Zahl der influenzirenden Flächen, während sich der letztere gleichzeitig in demselben Maafse verringert. Ich wies schon am Schlufs meiner ersten Abhandlung darauf hin, dafs, um eine hohe Dichtigkeit zu erreichen, womöglich nur eine Belegung und zwei Conductoren auf ein gröfseres Scheibenpaar zu vertheilen und dieses, da es für sich allein keine selbstständig elektromotorische Kraft hat, mit einem kleineren Apparate zu verbinden sey. Zugleich erwähnte ich, dafs ich auf diese Weise bereits eine Schlagweite von 9″ erhalten, und noch mit der Construction solcher zusammengesetzten Maschinen beschäftigt sey. Ich habe mich seitdem wiederholt mit Maschinen für hohe Dichtigkeit beschäftigt und gefunden, dafs sich dieselben auf sehr verschiedene Weise construiren lassen. Alle nachfolgenden stimmen nun darin überein, dafs der Conductor, an dem eine hohe Dichtigkeit erreicht werden soll, einem gröfseren Ausschnitt der

festen Scheibe gegenübersteht, damit die rotirende, von dem Einfluſs der letzteren befreit, schon aus der Ferne auf ihn ihre Wirkung übt, und daſs man denselben, ohne die Thätigkeit der Maschine zu stören, nach Belieben isoliren oder ableiten kann. Sie unterscheiden sich indessen darin, daſs bei manchen nur ein, bei andern zwei solcher Conductoren oder Pole, wie ich sie nennen will, vorhanden sind, und da dieser Unterschied wesentlich ist, so mögen hiernach zwei Gruppen gebildet und diese getrennt von einander behandelt werden. Eine weitere Trennung wird sich aus der Zahl der mit einander combinirten Scheibenpaare ergeben.

Die Construction im Allgemeinen.

Die Construction, welche ich für die Mehrzahl der vorstehenden Apparate empfehle, ist in Fig. 4, Taf. VI der Hauptsache nach veranschaulicht. Dieselbe weicht besonders darin von dem Bau früherer Apparate ab, daſs sich die rotirende Scheibe auf einer Hülse um einen einseitig befestigten Zapfen dreht. Dieser Zapfen wird von zwei Ständern gehalten, welche, in geringer Entfernung von einander, nahe dem Rande einer ovalen Holzplatte stehen, und bei etwa 1″ Dicke die genügende Breite haben, um bei der schnellen Rotation der Scheibe ein Schwanken des Zapfens zu verhüten. Ihre Breite und ihre Entfernung von einander wird daher bei Scheiben verschiedener Gröſse ein wenig verschieden seyn. Die Hülse ist aus Metall, aber von Kammmasse umgeben, und trägt an ihrem einen Ende die Fassung der Scheibe, welche zugleich die vordere Fläche des Zapfens verdeckt; an ihrem andern sitzt ein kleines Schnurrad, welches mit einem gröſseren, das durch eine Kurbel bewegt wird, in Verbindung steht. Der Zapfen ist übrigens so lang, daſs sich die Scheibe in der Mitte des Apparats befindet. Die feste Scheibe ruht auf einer Platte aus Kammmasse; sie wird aufserdem in zwei Punkten, welche in gleicher Höhe mit ihrem Mittelpunkte liegen, durch Glassäulen, welche in Kugeln aus Kammmasse en-

digen, gehalten. Diese Glassäulen sind in der Holzplatte ein wenig verstellbar, um der Scheibe leicht die entsprechende Lage zu geben. Vor den Scheiben, und so weit wie die beiden Ständer von diesen entfernt, sehen wir in senkrechter Stellung ein Glasrohr, auf welchem zwei gröfsere Metallkugeln sitzen. In den letzteren sind die beiden Conductoren befestigt, von denen einer dem Ausschnitt, der andere der Belegung der festen Scheibe gegenübersteht. Zur Verstärkung der Funken kann in jenes Glasrohr nach Belieben ein anderes, welches oben geschlossen und im Innern in entsprechender Weise mit Metall belegt ist, gesteckt werden. Will man eine Glassäule zum Träger der beiden Conductoren benutzen, so mufs die eine Kugel an dem äufsersten Ende befestigt, und auf diese für den beabsichtigten Zweck ein längeres Rohr aus Pappe, das ebenfalls theilweise mit Metall zu belegen ist, gesetzt werden. In allen Fällen werden aufser den zwei erwähnten Conductoren noch andere, die indessen meistens mit dem Erdboden zu verbinden sind, gebraucht. Man kann dieselben auf beliebige Weise, sey es mit einander verbunden, sey es von einander getrennt, auf der Holzplatte befestigen.

Bei kleineren Apparaten können die Ständer, welche den Zapfen tragen, aus Holz seyn. Bei gröfseren mufs, um das Ueberschlagen von Funken nach diesem zu verhüten, derselbe zunächst in einem massiven Stück aus Kammmasse und dieses erst in den betreffenden Holzständern befestigt werden. In solchen Fällen aber, wo eine hohe intensive Leistungsfähigkeit zu erwarten steht, würde die Isolirung des Zapfens allein nicht genügen, wenn man nicht gleichzeitig das Ueberschlagen von Funken nach den Ständern selbst vermeiden kann. Man könnte diese alsdann durch Glassäulen, welche die genügende Stärke haben müfsten, ersetzen, und zwar würde der hintere am besten durch eine, der vordere durch zwei, welche durch ein Querstück zu verbinden wären, vertreten seyn. Allein bequemer wäre es in solchen Fällen die Ständer ganz aus Kammmasse zu wählen, auch würde dieſs nicht wesentlich theurer und zu-

gleich noch aus einem andern Grunde zu empfehlen seyn. Zu einzelnen Apparaten nämlich gehört noch ein kleineres Scheibenpaar, von dem die eine Scheibe gleichfalls rotiren soll. Da es ferner wünschenswerth, dafs diefs Scheibenpaar dem Gröfseren nicht zu fern, aber doch hinreichend vor der an dem oberen Ausschnitt frei werdenden Elektricität geschützt sey, so ist es am geeignetsten, dasselbe unterhalb der Axe des gröfseren und zwar so zu befestigen, dafs ein und dieselbe Schnur beide Schnurräder zieht. Man läfst daher am Besten den Zapfen gleichfalls an einem der Ständer sitzen, was bei einer Glassäule wieder mit gröfseren Umständen verknüpft wäre.

Die Scheiben sind der bessern Isalationsfähigkeit wegen in jedem Falle aus Fensterglas und zwar aus solchem, welches einen grünlichen Stich hat, zu wählen. Ich habe die Erfahrung, welche Hr. Prof. Töpler an Scheiben verschiedener Färbung gemacht hat, in allen Fällen bestätigt gefunden und mufs ebenfalls eine bläuliche Färbung als entschieden nachtheilig bezeichnen. Was die Dicke der Scheiben betrifft, so ist es für die rotirende, wie ich schon wiederholt hervorgehoben habe, wesentlich, dafs sie so dünn wie nur irgend möglich sey. Die feste dagegen kann ein wenig dicker seyn, und diefs ist auch ihrer gröfseren Zerbrechlichkeit wegen zu wünschen. Sie kann sogar selbst bei kleineren Apparaten eine Dicke von 1 bis 1½‴ haben, ohne dafs die Wirkung hierdurch beeinträchtigt würde. Mit der Gröfse der Ausschnitte wächst die Dichtigkeit der in ihrer Mitte befindlichen Conductoren. Sie dürfen nicht zu klein seyn, damit die für gewisse Combinationen nothwendige Verstärkung der Dichtigkeit überhaupt erreicht werden kann; aber sie dürfen auch nicht zu grofs seyn, damit die Elektricität nicht zu leicht nach der ungleichnamig elektrischen Belegung zurückströme. Kleinere Oeffnungen wie solche von 3″ Durchmesser und gröfsere als solche, welche den dritten Theil der Scheibe umfassen, dürften daher im Allgemeinen nicht zu empfehlen seyn. Die Belegungen, welche aus dünnem Briefpapier zu wählen sind, müssen

eine mehr oder weniger abgerundete Form haben. Sie sind meistens nur auf der äufsern Fläche der Scheibe zu befestigen, aber da, wo sie an einen Ausschnitt stofsen, kann man sie auch auf die innere Fläche, doch nicht ganz bis an den betreffenden Conductor hinüberführen. Durch diese Hinüberführung können wenigstens in manchen Fällen störende Stromumkehrungen vermieden werden. Die Scheiben sind sammt den Belegungen mit einem isolirenden Firnifs zu überziehen, welcher von Zeit zu Zeit erneuert werden mufs. Hierbei scheint es, als ob bei der rotirenden Scheibe wenigstens zuweilen eine vollständige Entfernung des früheren Ueberzuges die Wirkung erhöhe. Für diesen Zweck ist es am bequemsten die Scheibe auf kurze Zeit in eine flache, mit Alkohol gefüllte Schüssel zu legen.

Maschinen mit einem Pole.

Eine Influenzmaschine mit einem Pole ist in sofern der Elektrisirmaschine ähnlich, als sie zur Zeit nur die eine der beiden Elektricitäten liefert; aber sie unterscheidet sich von jener in sofern, als man an diesem Pole nach Belieben die eine wie die andere und annähernd von gleicher Dichtigkeit erhalten kann. Man wird zwar, um die Maschine in Thätigkeit zu setzen, meist eine bestimmte Belegung, nämlich die kleinste, weil diese die empfindlichste ist, elektrisiren müssen und hierzu oft nur eine Elektricitätsquelle bestimmten Vorzeichens zur Verfügung haben; allein man braucht hierauf nur eine beliebige Belegung ableitend zu berühren, um dem Strom leicht die entgegengesetzte Richtung zu geben. Denn indem wir die Elektricität von der äufseren Glasfläche entfernen, machen wir die ungleichnamige an der innern, welche sich hier allmälig ansammelt, frei, wodurch derselbe Effekt erreicht wird, als ob wir der festen Scheibe von vorneherein diese Elektricität mitgetheilt hätten.

I. *Ein gröfseres Scheibenpaar.* Fig. 5 zeigt einen Apparat, in welchem die vorliegende Aufgabe mit den ein-

fachsten Mitteln gelöst ist, obwohl derselbe theoretisch vielleicht einer der complicirtesten ist. Man muſs sich die beiden mit + bezeichneten Belegungen, wie es in der Zeichnung angedeutet ist, verbunden, und die drei untern Conductoren nach der Erde abgeleitet denken. Man übersieht, daſs die rotirende Scheibe, mag nun der obere Conductor abgeleitet oder isolirt seyn, in jedem Falle mit negativer Elektricität an die untere Papierspitze treten muſs. Im ersten Falle wird nämlich die negative Ladung, nachdem die Scheibe den Ausschnitt passirt hat, wieder gebunden werden und in diesem Zustande bis an die untere Oeffnung gelangen; im zweiten wird jene Ladung zwar an den obern Conductor verloren gehen; aber die Scheibe wird durch den folgenden von neuem negativ elektrisirt werden. Ich will an dieser Stelle bemerken, daſs ich mir die Elektrisirung einer solchen Scheibe immer nur an der den Conductoren zugekehrten Seite denke, weil nur an dieser die beiden verbundenen Elektricitäten durch Ableitung der einen bleibend getrennt werden können. Gleichwohl wird eine solche Scheibe nun an beiden Seiten, nachdem sie dem bindenden Einfluſs der festen entzogen ist, ein gleiches elektrisches Verhalten zeigen, da sich auch von der unelektrischen Seite durch Influenz der elektrisirten die gleichnamige Elektricität zu entfernen strebt. Auf diese Weise geschieht es, daſs die Spitzen der Belegungen, wie wenn die Elektricität durch die Scheibe hindurchginge, geladen werden können. An dem vorstehenden Apparat zeigt es sich übrigens, daſs die Belegungen der festen Scheibe, wenn sich der elektrische Druck auf eine längere Strecke fortpflanzen soll, eine gröſsere Leitungsfähigkeit besitzen müssen. Die Wirkung ist nämlich eine höhere, wenn die beiden gleichnamigen Belegungen durch einen Staniolstreifen, als wenn sie durch einen Papierstreifen mit einander verbunden sind. Am geeignetsten ist es, diese Verbindung durch eine Metallschnur, welche in ein Glasrohr von hinreichender Länge eingeschlossen ist, herzustellen,

und dieſs mag zugleich für die folgenden Apparate, insoweit sie eine ähnliche Einrichtung haben, gesagt seyn.

II. *Ein gröſseres Scheibenpaar mit einem kleinen.* Wenn wir von dem vorigen Apparat die eine der Belegungen trennen und sie auf ein zweites kleineres Scheibenpaar verlegen, so gewinnen wir eine Combination, welche in Fig 6 skizzirt und deren Wirkungsweise nach dem Obigen wohl ohne Weiteres verständlich ist. Die Papierspitzen sind hier durch Drähte vertreten, welche man an einer Säule aus Kammmasse befestigen kann. Solche Leitungen, wie wir sie bei allen folgenden Apparaten wiederfinden, müssen sehr dick, und wo es nöthig ist, von Kammmasse eingeschlossen seyn. Trotzdem sind an denselben, wie ohnehin an den Belegungen, mit denen sie verbunden sind, bei höherer Dichtigkeit gröſsere elektrische Verluste nicht zu umgehen, und um diese genügend zu ersetzen wird es daher in den meisten Fällen zweckmäſsig seyn, zur Aufnahme der Elektricität eine gröſsere Zahl von Spitzen zu verwenden. Andererseits dürfen diese Spitzen der festen Scheibe nicht zu nahe treten, wenn man nicht gleichzeitig an Dichtigkeit, was man an Quantität gewinnt, verlieren will. Bei diesem Apparat, wie bei dem vorigen, treten zuweilen unfreiwillige Stromumkehrungen ein, dadurch, daſs sich die bogenförmige Belegung nach dem gröſseren Ausschnitt hin entladet, indem nun, grade wie wenn wir dieselbe ableitend berührt, die an der inneren Glasfläche angehäufte Elektricität entgegengesetzten Vorzeichens frei wird. Solche Stromumkehrungen, welche auch bei anderen Apparaten stattfinden können, sind dadurch zu vermeiden, daſs man eine kleine Leidener Flasche mit der betreffenden Belegung in Verbindung setzt, weil sich diese nun nach einem Isolator auf einmal nicht entladen kann. Dieſs Mittel kann überall, so lange der Schlieſsungsbogen geschlossen bleibt, oder so lange die den Belegungen gegenüber befindlichen Conductoren, wie hier, mit dem Erdboden in Verbindung stehen, mit Erfolg benutzt werden. Es gewährt zugleich den Vortheil, daſs die Belegungen, auch wenn man die Scheibe

ruhen läfst, noch lange Zeit denselben elektrischen Zustand behalten.

III. *Ein gröfseres Scheibenpaar mit einem kleinen.* Wird noch eine Belegung von dem gröfseren Scheibenpaar auf das kleinere verlegt, so kann aus dem letzteren eine selbstständige Influenzmaschine gebildet werden. In Fig. 3 sehen wir diese Umwandlung vorgenommen und jener zugleich eine sehr einfache Form gegeben. Die Papierspitzen sind nämlich durch die Kanten der Belegungen selbst, was bei einer gewissen Schärfe derselben und einer gewissen Gröfse der Ausschnitte gestattet ist, vertreten. Die Conductoren sind mit einander und mit der Erde verbunden, weil hier der Ladungsstrom überhaupt nicht benutzt werden soll. Eine Maschine von dieser Form dürfte indessen nur bei guter Isolirung des Leitungsdrahts sowohl wie der mit ihm verbundenen Belegung zu empfehlen seyn, da sie mehr auf eine intensive als quantitative Wirkung berechnet ist; man mufs anderen Falls die Form mit einem überzähligen Conductor, wie ich sie an einer andern Stelle ausführlicher beschrieben habe, wählen; aber es würde für den vorliegenden Zweck am geeignetsten seyn, die drei Conductoren, anstatt um $\frac{1}{4}$, um $\frac{1}{3}$ Umdrehung von einander zu trennen. Die Wirkungsweise des Ganzen dürfte im Uebrigen hinreichend verständlich seyn, um so mehr, als eine ähnliche Zusammenstellung auch von Hrn. Prof. Töpler schon ausführlicher behandelt ist.[1]) Ich will nur noch bemerken, dafs man an diesem Apparat sowohl den unteren, wie den oberen Conductor zu Versuchen benutzen kann, wenn man jedesmal den anderen mit dem Erdboden verbindet, dafs man an dem unteren aber bei etwas gröfserer quantitativer, doch nur eine sehr geringe intensive Wirkung erhält. Man möchte behaupten, dafs die Schlagweite am untern im Allgemeinen der Dichtigkeit der freien, die Schlagweite am obern der Dichtigkeit der gebundenen Elektricität der Belegung proportional sey, allein es werden hierbei doch noch andere Verhältnisse wie z. B. die

1) Pogg. Ann. Bd. 127, S. 177.

Gröfse und die leitende Beschaffenheit der Flächen eine wesentliche Rolle spielen.

Vergleichen wir die drei bisher beschriebenen Apparate, so finden wir, dafs sie die Zahl der Conductoren und Belegungen mit einander gemein haben. Alle enthalten drei Belegungen und vier Conductoren, von denen einer isolirt ist, während drei abgeleitet sind. Beim zweiten aber finden wir nur zwei Belegungen und drei Conductoren, beim dritten nur eine Belegung und zwei Conductoren auf das gröfsere Scheibenpaar verlegt, und daher wird, weil hier die entgegengesetzt elektrischen Stücke am weitsten zu entfernen sind, der letzte für hohe Dichtigkeit der geeignetste seyn. Der zweite aber ist von allen in sofern der rationellste, als in demselben nicht mehr Elektricität erzeugt, als an seinem Pole verbraucht wird; während wir beim dritten auf dem kleinen Scheibenpaar und beim ersten überhaupt eine gröfsere Verschwendung finden. Dieser Fall wird übrigens allgemein da eintreten, wo auf einer Scheibe ein Wechsel des Vorzeichens stattfindet, und man gleichzeitig die an diesem Wechsel theilhabenden Conductoren, wie hier, nicht weiter benutzen kann.

Die quantitative Wirkung der drei Apparate wird unter sonst gleichen Verhältnissen ziemlich dieselbe seyn, da man in jedem Falle nur den Effect einer einzigen Belegung, nämlich derjenigen, welche dem Ausschnitt unmittelbar vorangeht, erhält. Diese Belegung mufs nur dieselbe Dichtigkeit, und die ihr gegenüber befindliche Spitzenreihe dieselbe Länge haben.

Maschinen mit zwei Polen.

Bekanntlich wird eine Leidener Flasche dadurch nicht schneller geladen, dafs man ihre Belegungen gleichzeitig mit zwei verschiedenen Elektricitätsquellen in Verbindung setzt. Denn man kann die Erde ja selbst als eine Elektricitätsquelle betrachten, welche nur der Einwirkung einer andern bedarf, um jede beliebige Menge zu liefern. Deshalb kann auch mit einem Elektromotor, welcher zwei

Pole hat, kein gröfserer quantitativer Effect, als mit einem andern, erreicht werden, wohl aber ein höherer intensiver, welcher allgemein der Spannungsdifferenz zweier elektrischer Punkte proportional ist. Für diesen Fall ist es freilich nothwendig, dafs die beiden Pole eine gewisse Unabhängigkeit von einander behaupten, und dafs vor allem durch Isolirung des einen die Dichtigkeit des andern nicht wesentlich geschwächt wird.

Es giebt Influenzmaschinen, welche dieser Bedingung genügen, welche aber die Eigenschaft haben, dafs ihre Wirkung durch gleichzeitige Ableitung ihrer Pole gestört wird. Eine solche ist z. B. das kleine in Fig. 3 abgebildete Scheibenpaar, wenn wir uns den Ausschnitten zwei vollständige Conductoren gegenübergestellt denken. Man kann sich diesen Apparat sehr leicht aus jedem andern Influenzapparat mit vier Conductoren herstellen, und ich möchte diese Herstellung denen, welche im Besitz eines solchen sind, empfehlen, da sich mit demselben eine verhältnifsmäfsig hohe Dichtigkeit erreichen läfst. In einem ähnlichen Apparat (Fig. 2) müssen wir uns die Belegungen von den Ausschnitten getrennt und mit den ihnen im Sinne der Rotation vorangehenden Conductoren verbunden denken. Auch dieser Apparat, welcher manche interessante Einzelheiten bietet, wird leicht aus einer andern Influenzmaschine herzustellen seyn. Einen dritten Apparat endlich (Fig. 1) kann man sich aus dem vorigen durch Vertheilung seiner einzelnen Stücke auf zwei Scheibenpaare entstanden denken. Hr. Prof. Töpler, welcher diese Combination nur in sehr unvollkommenem Zustande bei mir wirken sah, hat derselben in seiner zweiten Abhandlung eine passende Form gegeben. Nur möchte ich bemerken, dafs es geeigneter seyn dürfte, die Belegungen, wie es aus der Zeichnung ersichtlich, den Oeffnungen der festen Scheiben gegenüber zu stellen, um sie nach beiden Seiten hin gleichmäfsig vor der zurückströmenden Elektricität, welche leicht Stromumkehrungen hervorruft, zu schützen. Ein Vergleich der drei eben erwähnten Apparate ergiebt, dafs sie sämmtlich zwei

Belegungen und vier Conductoren, von denen zwei als Ladungs- und zwei als Entladungsconductoren zu betrachten sind, gemein haben. Verbinden wir, soweit es gestattet ist, die einen und die andern, so ist der Ladungsstrom von dem Entladungsstrom vollständig geschieden und ich habe hierauf schon in meiner ersten Abhandlung hingewiesen, indem ich erwähnte, dafs der primäre Strom leicht von den secundären zu trennen sey. Da nun der eine nicht ganz geschlossen, der andere nicht ganz geöffnet seyn darf, wenn sich nicht die elektrische Bewegung überhaupt verlieren soll, so haben diese Apparate wohl Pole, welche sich gewissermafsen ergänzen, aber nicht solche, welche man in beliebiger Weise benutzen kann. Aus diesem Grunde können dieselben auch nicht als vollkommene Maschinen in dem Sinne, wie die folgenden, welche ich ausführlicher beschreiben will, bezeichnet werden.

I. *Ein gröfseres Scheibenpaar mit einem kleinen.* Das Scheibenpaar in Fig. 2 sey um $\frac{1}{4}$ Umdrehung verschoben, um die den Ausschnitten gegenüberstehenden Conductoren in gleiche Höhe zu bringen. Die Leitungen seyen von denselben entfernt, und nach den Polen einer andern kleinen Influenzmaschine geführt, welche am besten die Form mit zwei überzähligen Conductoren hat. Die beiden Ladungsconductoren des gröfsern Scheibenpaars endlich seyen mit der Erde verbunden. Wir haben hiermit einen Apparat, der, für höhere Dichtigkeit geeignet, zwei entgegengesetzt elektrische Pole hat, die man gleichzeitig in beliebiger Weise benutzen kann. Denn mögen wir dieselben isolirt lassen, oder ableiten, es wird doch der elektrische Zustand der Belegungen erhalten bleiben, und die Scheibe wird, obwohl sie sich continuirlich entladet doch immer wieder auf's Neue geladen werden.

II. *Zwei gröfsere Scheibenpaare.* Ein anderer Apparat kann durch Combination zweier Scheibenpaare von gleicher Gröfse, deren jedes zwei Belegungen und drei Conductoren enthält, gewonnen werden. In Fig. 7 sehen wir je zwei und zwei dieser Conductoren zu einem länge-

ren Leiter vereinigt, damit die einen zugleich mit den andern befestigt und mit ihren unteren Enden nicht den Leitungen, welche die beiden Scheibenpaare mit einander verbinden, im Wege seyen. Wir sehen, wie durch diese Verbindungen von dem unteren Ausschnitt des einen die Elektricität auf die Belegungen des anderen Scheibenpaares übertragen wird, und wie daher, weil diese Belegungen, wie wir es schon früher kennen gelernt haben, mit einander verbunden sind, jede rotirende Scheibe an zwei verschiedenen Stellen in gleichem Sinne elektrisirt werden kann. Mag daher an jedem der beiden Ausschnitte eine beliebige Elektricitätsmenge verbraucht werden, die Scheibe wird stets wieder geladen an den anderen treten. Da die obige Construction für diesen Apparat nur in doppelter Ausführung genügen würde, so kann man die Frage aufwerfen, ob es nicht in solchen Fällen zweckmäfsiger wäre, die beiden rotirenden Scheiben auf ein und derselben Welle zu befestigen. Allein jene müssen, um eine elektrische Ausgleichung zu verhüten, schon bei geringerer Dichtigkeit ziemlich weit von einander entfernt seyn, und diese Entfernung mufs in demselben Verhältnifs wie die Dichtigkeit, also wie der Durchmesser der Scheiben wachsen. Bei gröfseren Scheiben also, wie im vorliegenden Falle, würde der Apparat bei gröfserer Länge zugleich eine gröfser Breite haben, wenn wir jene auf derselben Welle oder hinter einander befestigten. Ueberhaupt dürfte es zweckmäfsig seyn, welche Art der Befestigung im Uebrigen gewählt wird, das Ganze in zwei von einander trennbare Theile zu zerlegen, um auch jeden Theil einzeln mit etwas veränderter Form als eine selbstständige Maschine benutzen zu können. Eine solche Trennung wird auch manche andere Vortheile gewähren, und nur bei der Wahl kleiner Scheiben dürften die Kosten der Ausführung hierzu in keinem günstigen Verhältnisse stehn. Dieser Apparat gehört übrigens wie der zweite der drei mit einem Pole, zu den vom Sinn der Rotation unabhängigen Maschinen. Bei solchen mufs nämlich einmal die Lage der Belegungen zu derjenigen der

Ausschnitte symmetrisch, und keine Belegung darf mit einem Ausschnitt desselben Scheibenpaares, wenigstens nicht mit einem unmittelbar vorangehenden oder nachfolgenden verbunden seyn. Zuweilen sind diese Bedingungen nur auf einzelnen und nicht gleichzeitig auf allen Scheibenpaaren erfüllt.

III. *Zwei gröfsere Scheibenpaare mit einem kleinen.* Combiniren wir zwei Scheibenpaare gleicher Gröfse, deren jedes wie in Fig. 4 beschaffen ist, in der Weise mit einer kleinen selbstständigen Maschine, dafs wir die Pole der letzteren mit den Belegungen jener Scheibenpaare und sämmtliche Ladungsconductoren mit der Erde verbinden, so erhalten wir einen Apparat, in dem gleichfalls zwei von einander unabhängige Pole vorhanden sind, durch deren Benutzung die Thätigkeit des Ganzen nicht gestört wird. Für das kleinere Scheibenpaar kann auch hier, je nach Bedürfnifs gröfserer Dichtigkeit oder Quantität, entweder die in Fig. 3 veranschaulichte, oder die Form mit zwei überzähligen Conductoren gewählt werden. Die Anwendung eines überzähligen Conductors würde nämlich zunächst an den Polen des kleinen, aber in Folge dessen auch an den Polen der gröfseren Scheibenpaare eine Ungleichheit der Dichtigkeit veranlassen. Auch würde man unter solchen Verhältnissen, wie die vorliegenden, die beiden überzähligen Conductoren lieber unter sich als mit den im Sinne der Rotation folgenden Polen verbinden, weil die letzteren von einander eine gröfsere Unabhängigkeit behaupten, wenn man jene, was in diesem Falle gestattet ist, nach der Erde ableiten kann.

Die drei zuletzt genannten Apparate unterscheiden sich in ähnlicher Weise, wie die drei obigen Maschinen mit einem Pole. Sehen wir von den beiden überzähligen Conductoren, welche nicht unbedingt nöthig sind, ab, so haben sie sämmtlich vier Belegungen und sechs Conductoren mit einander gemein. Aber bei dem zweiten sind zwei Belegungen und drei Conductoren, und bei dem dritten nur eine Belegung und zwei Conductoren auf jedes der beiden

gröfseren Scheibenpaare vertheilt. Auch von diesen drei Apparaten wird daher der dritte für hohe Dichtigkeit der geeignetste seyn, und insofern mit zwei Polen überhaupt ein höherer intensiver Effekt erhalten wird, kann man denselben nach dieser Richtung hin allgemein als den vollkommensten bezeichnen. Der zweite Apparat aber zeichnet sich wieder darin aus, dafs die Elektricität an keiner Stelle nutzlos vernichtet zu werden braucht, während diefs bei dem dritten auf dem kleinen Scheibenpaar und bei dem ersten auch auf dem grofsen, so lange nämlich die Pole unbenutzt bleiben, der Fall ist.

Die quantitative Wirkung an jedem einzelnen Pole wird sich auch hier nur auf den Effekt einer einzigen Belegung basiren, und da sie durch den zweiten Pol überhaupt nicht verstärkt werden kann, mufs sie der jenen Apparate im Allgemeinen gleich seyn. Daher wird auch bei allen Influenzmaschinen mit zwei Polen, insofern der Ladungsstrom nicht mit dem Entladungstrom combinirt werden kann, die Arbeit zur Leistung, wenn wir nur die quantitative Wirkung betrachten, in keinem günstigen Verhältnisse stehen.

Schlufsbemerkungen.

Obwohl ich die verschiedenen Maschinen, welche im Vorhergehenden besprochen sind, sey es durch besondere Construction, sey es durch Zusammenstellung mehrerer für einen andern Zweck bestimmter Apparate ausgeführt, so habe ich doch ihre Wirkungen weder zu derselben Zeit noch mit Scheiben von gleicher Gröfse oder aus gleichem Glase beobachten können. Auf eine genauere Angabe und einen Vergleich dieser Wirkungen mufs ich daher verzichten; der letztere dürfte auch nach den obigen Andeutungen überflüssig seyn. Ebensowenig kann ich mit Bestimmtheit die Frage beantworten, welche Maschine sich für den praktischen Gebrauch am meisten empfehlen dürfte; denn hierbei würde aufser der Art und Weise ihrer Wirkungen auch der Preis, der Raum, welchen sie einnimmt, sowie die gröfsere oder geringere Bequemlichkeit, welche sie dem

Experimentator bietet, sehr wesentlich in Betracht kommen. Ich will indessen in Bezug hierauf einige Bemerkungen machen, welche für Diejenigen, welche noch nicht im Besitz einer Influenzmaschine sind, von Interesse seyn dürften.

Die Dichtigkeit, welche man auf kleinen Scheiben erhält, ist im Allgemeinen sehr gering, da sie nicht, wie die Quantität durch Steigerung der Geschwindigkeit vermehrt wird. Soll das kleine Scheibenpaar hier seinem Zweck entsprechen, so mufs es mindestens 9″ grofs seyn, und das zweite wird daher am besten die doppelte Gröfse haben, wenn jenes nämlich unter seiner Axe befestigt werden soll. Aus diesem Grunde sind die meisten Apparate in kleinerem Maafsstabe nicht gut auszuführen; überhaupt aber scheinen mir im vorliegenden Falle geringere Dimensionen wenig vortheilhaft.

In sofern man das Laden der Batterie als eine Hauptfunction einer jeden Influenzmachine betrachten kann, müfste man denjenigen Formen, welche auf leichte Weise eine Vermehrung der Quantität gestatten, den Vorzug geben. Als solche kann man den ersten und dritten Apparat mit zwei Polen bezeichnen, indem man, um die Quantität zu verdoppeln, nur die beiden Belegungen mit dem einen, anstatt mit den beiden Polen des kleinen Scheibenpaares, zu verbinden braucht. Der erste Apparat zeichnet sich ferner dadurch aus, dafs man denselben mit geringen Veränderungen auch in eine Maschine von noch gröfserer quantitativer Leistung, sowie in eine solche für noch höhere Dichtigkeit verwandeln kann. Denn indem wir einen der vier Conductoren in zwei von einander isolirte Theile trennen und die entsprechende feste Scheibe einsetzen, kann die gewöhnliche Maschine mit vier Belegungen erhalten werden, und durch Fortnahme zweier Conductoren und Einsetzung einer andern Scheibe, geht der Apparat in die dritte Maschine mit einem Pole über. Man könnte denselben daher als den vollständigsten bezeichnen, wenn die praktische Ausführung der Art ist, dafs man diese Umwandlungen mit Leichtigkeit vornehmen kann. Hr. Borchardt ist mit der Construction

einer solchen Maschine beschäftigt, und ich will darüber später eine kurze Mittheilung machen.

Man könnte versucht seyn zu glauben, dafs eine Maschine für hohe Dichtigkeit, auch im Allgemeinen eine grofse Schlagweite hätte. In Isolatoren von grofsem Widerstande trifft dieſs zu; weniger in der Luft und wohl überhaupt in leichter beweglichen Medien. Die Ursache scheint darin zu liegen, dafs bei einer gewissen Verkleinerung der Elektroden in solchen Medien leicht ein Büschel entsteht, und dafs in diesem Falle die quantitative Leistung auf das Entstehen des Funkens von wesentlichem Einfluſs ist. In Isolatoren von gröſserem Widerstande ist das Phänomen des Büschels beschränkt, und der intensive Effekt spricht sich daher in solchen Isolatoren deutlicher aus.

An jedem der beschriebenen Apparate läſst sich die Dichtigkeit noch auf Kosten der Quantität erhöhen, wenn man dem leicht beweglichen Querstäbchen des oberen Conductors eine horizontale Lage giebt. Auch dadurch wird dieser Zweck erreicht, dafs man die Enden des Querstäbchens mit gröſseren Kugeln, welche am besten aus einem Halbleiter gedreht sind, versieht. Wären sie Isolatoren, so würde in der Linie, wo sie mit jenem zusammentreffen, viel leichter eine elektrische Ausströmung entstehen.

VIII. *Bemerkungen zu der Abhandlung des Dr. v. Sommaruga*[1]) *über die Aequivalente des Nickels und Kobalts;* *von R. Schneider.*

Vor mehreren Jahren habe ich[2]) die Aequivalente des Nickels und Kobalts bestimmt. Dieselben wurden aus dem Verhältnifs des Kohlenstoffgehaltes zum Metallgehalte im neutralen oxalsauren Nickel- und Kobaltoxydul abgeleitet.[3]) Als Mittel aus 5 Bestimmungen ergab sich das Aequivalent des Nickels zu 29,027, das des Kobalts als Mittel aus 4 Bestimmungen zu 30,015.

Die Richtigkeit dieser Zahlen, die sich Anfangs einer ziemlich allgemeinen Annahme zu erfreuen hatten, ist, da sich dieselben bei späteren Untersuchungen einiger anderer Chemiker nicht bestätigt fanden, in neuerer Zeit mehrfach in Zweifel gezogen worden. Dumas[4]) fand, indem er im wasserfreien Chlornickel und Chlorkobalt den Chlorgehalt durch Silberlösung (maafsanalystisch) bestimmte, im Mittel aus je 5 Versuchen die Aequivalente der beiden Metalle fast genau gleich grofs, nämlich = 29,5. Marignac[5]) erhielt bei der Analyse des schwefelsauren Kobaltoxyduls im Mittel aus mehreren Versuchen für Co die Zahl 29,39,

1) Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Juni 1866; auch Chem. Centralblatt 1866, S. 1009.

2) Diese Annalen Bd. 101, S. 387 und Bd. 107, S. 605.

3) Um gewissen Einwendungen gegen das dieser Methode zu Grunde liegende Princip zu begegnen, bemerke ich nochmals ausdrücklich, dafs es mir *allein auf die Feststellung jenes Verhältnisses* angekommen ist und dafs es zur Ermittelung desselben der *Anwendung wasserfreier Oxalate durchaus nicht bedurft* hat. Ich habe absichtlich solche vermieden, weil ich die Schwierigkeiten, die sich der Reindarstellung derselben entgegensetzen, keineswegs unterschätze.

4) *Annal. chim. phys.* [3] *LV*, 129; auch Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 113, S. 90.

5) *Arch. phil. nat. I.* 373.

bei der Analyse des Kobaltchlorürs den Mittelwerth 29,46; für das Nickel-Aequivalent ergab sich ihm bei der Analyse des schwefelsauren Nickeloxyduls als Mittel die Zahl 29,35.

Endlich hat Russell[1]) im Jahre 1863 die Aequivalente des Nickels und Kobalts zu bestimmen versucht, indem er die durch heftiges Glühen von Kobalt- und Nickeloxyd bereiteten, angeblich genau nach den Formeln CoO und NiO zusammengesetzten Oxydule durch Wasserstoff zu Metall reducirte. Als Mittel aus einer gröfseren Zahl von Bestimmungen ergab sich hierbei das Aequivalent des Kobalts zu 29,37, das des Nickels zu 29,396. Danach würden beide Aequivalente gleich hoch, aber beide etwas niedriger liegen, als sie von Dumas gefunden wurden.

Selbstverständlich mufste ich in diesen verschiedenen Angaben, die von den meinigen nicht unerheblich abwichen, eine starke Aufforderung erkennen, auf meine früheren Bestimmungen experimentell zurückzugreifen, um, falls ich einen Fehler darin fand, diesen offen zuzugestehen, oder, falls meine Zahlen die neue Probe bestanden, dieselben aufrecht zu erhalten und zu vertheidigen. Leider bin ich, da mir in den letzten Jahren wegen gehäufter amtlicher Obliegenheiten die Mufse zu wissenschaftlichen Privatarbeiten nur äufserst knapp zugemessen war, bis jetzt nicht im Stande gewesen, mich mit jenen mühsamen und zeitraubenden Aequivalent-Bestimmungen von Neuem eingehend zu beschäftigen.

Es hat mir unter diesen Umständen zur besonderen Freude und — ich gestehe es offen — zu einiger Befriedigung gereicht, in dem vorjährigen Juniheft der Wiener Academie-Berichte (das mir erst kürzlich zu Händen gekommen ist) der Abhandlung des Dr. v. Sommaruga über die Aequivalente des Nickels und Kobalts zu begegnen und in derselben die von mir früher aufgestellten Zahlen bestätigt zu finden.

Die Arbeit v. Sommaruga's macht den Eindruck einer gediegenen und Vertrauen erweckenden. Die ange-

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 126, S. 322.

wandten Methoden sind, wie ich glaube, glücklich gewählt und auf die Ausführung der einzelnen Versuche scheint ein hoher Grad von Sorgfalt und Accuratesse verwandt worden zu sein. Ein Jeder, der vorurtheilsfrei die Arbeit durchliest, wird zu derselben Ansicht gelangen.

Das bei der Bestimmung des Kobalt-Aequivalentes als Ausgangspunkt benutzte Purpureokobaltchlorid ist zwar eine Verbindung von ziemlich complicirter Zusammensetzung, aber es empfiehlt sich dies Salz für den Zweck der Aequivalent-Bestimmung ebensowohl durch die Sicherheit, mit der es rein und von constanter Zusammensetzung erhalten werden kann, als auch durch die Leichtigkeit, mit der es sich beim vorsichtigen Erhitzen im Wasserstoffstrom zu reinem metallischen Kobalt reduciren läfst. Allerdings ist bei dieser Reduction die Beobachtung gewisser Vorsichtsmafsregeln geboten, wenn das Resultat nicht von einem empfindlichen Fehler getroffen werden soll.

Mit Recht nämlich hat v. Sommaruga darauf aufmerksam gemacht, dafs, wenn man das Purpureokobaltchlorid ohne Weiteres im Wasserstoffstrome erhitzt, mit den entweichenden Salmiakdämpfen sehr leicht etwas kobalthaltige Substanz fortgerissen wird. Ich kann diese Angabe aus eigener Erfahrung bestätigen, denn als ich behufs der Darstellung von reinem Kobalt Purpureokobaltchlorid in einem mäfsig starken Wasserstoffstrome erhitzte, wurde der vordere kalte Theil der Reductionsröhre von Salmiakdämpfen beschlagen, die beim nachherigen Erhitzen in einem *schwachen* Wasserstoffstrome an den Wänden des Glasrohrs einen grauen Anflug von metallischem Kobalt hinterliefsen.

v. Sommaruga hat den von dieser Seite drohenden Fehler dadurch vermieden, dafs er das Purpureokobaltchlorid zuerst für sich vorsichtig erhitzte, bis kein Salmiak mehr daraus verflüchtigt wurde; erst nachdem dies geschehen war, wurde der aus Kobaltchlorür bestehende Rückstand der Wirkung des Wasserstoffs ausgesetzt.

Das bei diesen Versuchen vorübergehend erhaltene Kobaltchlorür fand v. Sommaruga in hohem Maafse hy-

groscopisch; er fügt mit Rücksicht darauf hinzu, dafs daher die auf die Analyse dieses Salzes basirten Zahlen mit einiger Reserve zu nehmen sein dürften. — Das ist dieselbe Ansicht, die ich bei einer früheren Gelegenheit betreffs sämmtlicher stark hygroscopischer Chloride ausgesprochen habe. Ich wiederhole es: Die Bestimmung des Chlors unter der Form von Chlorsilber läfst den höchsten Grad von Genauigkeit zu, aber hygroscopische Chloride sind und bleiben, als Basis für Aequivalent-Bestimmungen genommen, ungeeignete Formen.

Aus den 4 am Besten übereinstimmenden Versuchen v. Sommaruga's (bei denen die angewandten Mengen des Kobaltsalzes zwischen 0,6656 und 2,9167 Grm. schwankten), ergiebt sich das Aequivalent des Kobalts zu 29,996. Nimmt man aus dieser und der von mir erhaltenen Zahl das arithmetische Mittel, so erhält man 30,005. Anstatt dessen wird ohne Bedenken die runde Zahl 30 angenommen werden können.

Das Aequivalent des Nickels hat v. Sommaruga auf indirectem Wege aus dem Schwefelsäuregehalte des krystallisirten wasserhaltigen Kalium-Nickelsulphats abgeleitet. Diese Methode, obwohl eine für Aequivalent-Bestimmungen ungewöhnliche, möchte dennoch und zwar besonders deshalb Vertrauen verdienen, weil das angewandte Nickeldoppelsalz mit Sicherheit auf eine ganz constante Zusammensetzung gebracht werden kann, da dasselbe nach den zuverlässigen Beobachtungen von v. Hauer die merkwürdige Eigenschaft besitzt, selbst wenn es anhaltend einer Temperatur von 100° C. ausgesetzt wird, von seinem Wassergehalte durchaus Nichts zu verlieren.

Erwägt man daneben den hohen Grad von Schärfe, mit dem die Schwefelsäure bestimmt werden kann, so wird man die von v. Sommaruga gefundenen Zahlen ohne besondere Bedenken aufnehmen können, — umsomehr, als die Ergebnisse der einzelnen Versuche unter sich eine vortreffliche Uebereinstimmung zeigen.

Als Mittel aus sämmtlichen 6 Versuchen (bei denen

0,9796 bis 3,2124 Grm. des Nickeldoppelsalzes angewendet wurden) hat sich für das Aequivalent des Nickels die Zahl 29,013 ergeben [1]), was sehr nahe mit der von mir gefundenen Zahl (29,027) übereinstimmt.

Sollte nun wohl — so wird es erlaubt sein zu fragen — die gute Uebereinstimmung der von v. Sommaruga gefundenen und der von mir auf ganz anderen Wegen erhaltenen Zahlen ein bloſses Spiel des Zufalls seyn? Ich überlasse es Anderen, das Maaſs von Wahrscheinlichkeit zu beurtheilen, das für einen solchen Zufall spricht; meine Ansicht ist die: daſs jene Zahlen, vor das Forum einer unbefangenen und unparteiischen Kritik gezogen, wohl einiges Vertrauen beanspruchen dürfen.

Ich kann mich unter diesen Umständen auch vorläufig nicht bewogen finden, meine früheren Arbeiten über die Aequivalente des Nickels und Kobalts wieder aufzunehmen; ich würde dies erst dann thun, wenn von competenter Seite neue Einwände gegen die von mir aufgestellten, durch v. Sommaruga bestätigten Zahlen erhoben werden sollten.

Zudem vermag ich die früher von verschiedenen Seiten dagegen geäuſserten Bedenken und die Versuche, auf die man sich dabei gestützt hat, als zutreffende und beweisende nicht unbedingt anzuerkennen. Auf die Angaben von Dumas und Marignac (l. c.) habe ich Einiges zu erwiedern bereits früher Gelegenheit genommen. [2]) Es erübrigt, die Arbeit von Russell in der Kürze kritisch zu beleuchten.

Die Reduction eines Oxydes von bekannter Constitution durch Wasserstoff ist unbestritten die sicherste Methode der Aequivalent-Bestimmung, — sie ist, wie Berzelius sich ausdrückt, diejenige, die öfter als alle übrigen

1) Es muſs bemerkt werden, daſs sich hinsichtlich der Formel für die Berechnung des Nickel-Aequivalentes in das chemische Centralblatt (l. c. S. 1016) ein grober Druckfehler eingeschlichen hat. Anstatt $x = \frac{40p - 8p_1}{p}$, muſs es, wenn p die Hälfte der gefundenen Schwefelsäure und p_1 die berechnete Menge Nickeloxydul bedeutet, offenbar heiſsen: $x = \frac{40p_1 - 8p}{p}$.

2) Diese Annalen Bd. 107, S. 605 ff.

übereinstimmende Resultate giebt. Leider hat dieselbe nur in einer beschränkten Zahl von Fällen Anwendung finden können und sie hat überall da ausgeschlossen bleiben müssen, wo es sich um Oxyde handelt, die entweder, wie z. B. das Antimonoxyd, unter der Reductionstemperatur flüchtig sind, oder die nicht mit völliger Sicherheit auf die der Formel genau entsprechende Zusammensetzung gebracht, resp. darauf erhalten werden können. Den Oxyden der letzteren Art wurden bisher auch das Nickeloxydul und namentlich das Kobaltoxydul beigezählt.

Russell hat nun nachzuweisen versucht, dafs diese beiden Oxydule durch heftiges Glühen auf die normale Zusammensetzung gebracht und als sichere Ausgangspunkte für die Aequivalent-Bestimmung benutzt werden können.

Die Beobachtung, dafs das schwarze Kobaltoxyd nach heftigem Glühen einen Rückstand hinterläfst, der wesentlich aus Kobaltoxydul besteht, ist nicht neu. Schon Proust hat eine dahin lautende Angabe gemacht; ferner hat Rothoff [1]) angegeben, dafs 100 Theile schwarzes Kobaltoxyd beim Glühen 9,5 bis 9,9 Theile Sauerstoff verlieren, unter Hinterlassung von Kobaltoxydul. [2])

Doch ist meines Wissens niemals in aller Strenge der experimentelle Beweis geführt worden, dafs dieser Glührückstand wirklich genau nach der Formel CoO zusammengesetzt ist; vielmehr kommen alle früheren Beobachtungen darin überein, dafs die Zusammensetzung desselben je nach der Höhe der angewandten Temperatur und je nach der Schnelligkeit des Erkaltens gewissen Schwankungen unterworfen ist. Nach Russell wird nun, wenn man das anhaltend und heftig geglühte Oxyd unter Kohlensäure erkalten läfst, ein reines, normal zusammengesetztes Oxydul

1) Schweigg. Journ. 22, 329.

2) Eines solchen Kobaltoxyduls scheint sich Rothoff bei der Bestimmung des Kobalt-Aequivalentes bedient zu haben; er verwandelte eine abgewogene Menge des Oxyduls in Chlorkobalt und bestimmte in diesem mit Silberlösung den Chlorgehalt.

erhalten; mit einem so bereiteten Präparate hat er seine Reductionsversuche angestellt.

Es will mir scheinen, als wenn das bei diesen Versuchen angewandte Verfahren noch einigen Raum liefse für Bedenken gegen die völlige Genauigkeit der erhaltenen Resultate. [1])

Russell erhitzte das Kobaltoxyd, um es in Oxydul zu verwandeln, in einem kleinen Platintiegel, der auf einer Unterlage von Pfeifenthon in einen gröfseren Platintiegel eingesetzt war; um während des Erhitzens und besonders während des Erkaltens des Apparates den Zutritt der atmosphärischen Luft abzuhalten, wurde durch eine im Deckel des gröfseren Tiegels befindliche Oeffnung ein Strom von trockner Kohlensäure eingeleitet.

Es ist ersichtlich, dafs dies Arrangement für den kleineren Tiegel und seinen Inhalt ein verlangsamtes Erkalten

1) Ein bereits von v. Sommaruga (l. c.) erhobener Einwand scheint mir nicht ganz zutreffend zu seyn. v. Sommaruga hat nämlich den Beweis, den Russell für die constante Zusammensetzung seines durch Glühen erhaltenen Kobaltoxyduls darin fand, dafs er 93,17 bis 93,19 Proc. Oxydul vom angewandten Oxyd erhielt, als nicht stichhaltig bezeichnet, indem 100 Theile Kobaltoxyd nur 90,45 Proc. Kobaltoxydul hätten geben sollen; da nun aber 100 Theile reines Kobaltoxyd (Co_2C_3) 93,65 Theile Kobaltoxydoxydul (Co_6O_7) liefern, so schliefst v. Sommaruga aus der nahen Coïncidenz dieser Zahl mit den von Russel erhaltenen darauf, dafs des letzteren Oxydul oxydhaltig gewesen seyn möge. Russel hat indefs an der betreffenden Stelle seiner Abhandlung nicht ausdrücklich angegeben, dafs die von ihm angewandte »Sorte« Kobaltoxyd genau nach der Formel Co_2O_3 zusammengesetzt war; er könnte sich ja zu diesen Versuchen eines Oxydes bedient haben, das bereits etwas Oxydoxydul enthielt. In diesem Fall würden die von v. Sommaruga geäufserten Bedenken nicht ganz begründet seyn. Ein Gemenge z. B. aus etwa gleichen Aequivalenten Kobaltoxyd (Co_2O_3) und Kobaltoxydoxydul (Co_6O_7) würde beim heftigen Glühen 93,3 Proc. Kobaltoxydul hinterlassen, was den von Russel gefundenen Zahlen ziemlich nahe kommt. Sollte Russel sich freilich bei den betreffenden Versuchen eines reinen oder auch nur eines an CoO armen Oxydes bedient haben, so würden die daraus beim Glühen erhaltenen Mengen von Oxydul auf einen Gehalt dieses letzteren an Oxyd allerdings mit grofser Wahrscheinlichkeit schliefsen lassen.

bedingen mufste; je langsamer dieses aber verlief, desto länger befand sich das Kobaltoxydul — weil noch warm — unter den Bedingungen, unter denen es zur Aufnahme von Sauerstoff aufserordentlich geneigt ist. Es kann nun zweifelhaft erscheinen, ob das Einleiten der Kohlensäure in den jedenfalls doch nur lose verschlossenen Tiegel wirklich genügte, um während der ganzen Erkaltungsperiode den Sauerstoff der Luft von dem Kobaltoxydul vollständig abzuhalten, besonders während der Zeit unmittelbar nach Entfernung des Gebläses, wo die umgebende Atmosphäre mit Energie in den luftverdünnten Tiegelraum einzudringen strebte. — Es kann ferner zweifelhaft erscheinen, ob nicht durch den Kohlensäurestrom selbst atmosphärische Luft dem erkaltenden Kobaltoxydul zugeführt wurde, denn Russell hat, um die Kohlensäure von etwa beigemengter Luft völlig zu befreien, keine besonderen Vorkehrungen getroffen.

Dem Einwande, dafs auf diesem Wege doch wohl nur eine sehr geringe Menge Sauerstoff zugeführt sein könne, setze ich die Bemerkung entgegen, dafs bei Anwendung von etwa zwei Grammen Substanz — (und so grofs war die von Russell in den meisten Fällen angewandte Menge) — für jede $1\frac{1}{2}$ Milligramme Sauerstoff, die das Kobaltoxydul vor der Reduction aufgenommen hatte, sich das Aequivalent des Kobalts um fast 0,1 zu niedrig ergeben mufste.

Ich habe, um mich keines voreiligen und unbegründeten Urtheils schuldig zu machen, einige Versuche angestellt, bei denen in einem Apparate, der absichtlich dem von Russell gebrauchten ganz ähnlich eingerichtet war und unter Anwendung eines Kohlensäurestromes, der ebenso wie bei Russell gereinigt und getrocknet war, 1 bis 2 Grm. reines Kobaltoxyd durch heftiges Glühen in Oxydul verwandelt wurden; es ist mir aber trotz aller angewandten Vorsicht und Aufmerksamkeit in keinem Falle möglich gewesen, ein Präparat zu erzielen, das, wenn die ganze Menge desselben (nach dem völligen Erkalten unter Kohlensäure) mit chlorfreier Salzsäure der Destillation unter-

worfen wurde, aus Jodkaliumlösung nicht etwas Jod freigemacht hätte.

Ich mufs es hiernach für mindestens wahrscheinlich halten, dafs Russell das Aequivalent des Kobalts zu niedrig gefunden hat und es ist bemerkenswerth, dafs er dasselbe niedriger fand als irgend einer der Chemiker, die sich mit der Bestimmung dieser Zahl überhaupt beschäftigt haben.

Während das durch heftiges Glühen der höheren Oxyde des Kobalts dargestellte Kobaltoxydul die Eigenschaft besitzt, bei höherer Temperatur äufserst begierig Sauerstoff aufzunehmen, geht dem auf entsprechende Weise bereiteten Nickeloxydul diese Eigenschaft gänzlich ab; dagegen zeigt dies letztere, wie anderweitig bekannt ist, eine ganz besondere Neigung, unter reducirenden Einflüssen einen Theil seines Sauerstoffs abzugeben. — Es will mir scheinen, als wenn bei der Methode, nach der Russell das Aequivalent des Nickels zu bestimmen suchte und bei der Einrichtung des Apparates, dessen er sich dabei bediente, [1]) diesem Umstande nicht genügend Rechnung getragen worden sey.

Es ist nämlich die vollständige Umwandlung der höheren Oxyde des Nickels in Nickeloxyd durch Glühen nur sehr schwierig (und weit schwieriger als die Umwandlung des Kobaltoxydes in Kobaltoxydul) zu bewirken. Russell selbst hat auf diesen Umstand besonders aufmerksam gemacht, indem er sagt: «Das Glühen mufs sehr lange andauern, das Oxyd gelegentlich umgerührt und der Gebläselampe die gröfstmögliche Intensität von Hitze gegeben werden.«

Es war demnach bei den Versuchen Russells der Tiegel mit dem Nickeloxydul während eines Zeitraums von wahrscheinlich mehr als einer Stunde von den Flammengasen vollständig umgeben; das aber waren Bedingungen, unter denen ein Eindringen dieser Gase in den inneren Tiegelraum trotz des gleichzeitig eingeleiteten Stromes von

1) Der Apparat war im Wesentlichen derselbe, der auch bei der Bestimmung des Kobalt-Aquivalentes gedient hatte.

atmosphärischer Luft oder Kohlensäure meines Erachtens mit völliger Sicherheit nicht vermieden werden konnte.

In Anbetracht dieser Verhältnisse und mit Rücksicht auf die grofse Geneigtheit des Nickeloxyduls zur Reduction wird man sich der Vermuthung nicht verschliefsen können, dafs dasselbe möglicherweise schon während des Glühens einen geringen Verlust an Sauerstoff erfahren und dafs sich in Folge dessen das Aequivalent des Nickels bei diesen Bestimmungen etwas zu hoch ergeben habe.

Allerdings zeigen die von Russell mitgetheilten Versuchszahlen eine sehr gute Uebereinstimmung, was der Methode, nach der sie erhalten wurden, anscheinend zur Empfehlung gereicht. Der Werth dieser Uebereinstimmung darf indefs nicht zu hoch angeschlagen werden, da bei sämmtlichen Reductionsversuchen nahezu gleich grofse Mengen Substanz [1]) angewendet wurden. Es ist ein nur zu häufiger Fall, dafs analytische Methoden, wenn nahezu gleich grofse Mengen des Untersuchungsobjectes angewandt und auf gleiche Weise behandelt werden, zwar übereinstimmende, keineswegs aber richtige Resultate liefern; werden in solchen Fällen die Mengen der angewandten Substanz variirt, so schwindet gewöhnlich die Uebereinstimmung der Resultate und der verborgene Fehler tritt hervor, weil derselbe sich nicht proportional der höher oder niedriger gegriffenen Menge der Substanz zu vergröfsern, resp. zu verkleinern pflegt.

Dafs Russell die Genauigkeit der von ihm gewählten Methode unter dem soeben angedeuteten Gesichtspunkte — (durch Anwendung steigender Mengen Substanz bei den verschiedenen Versuchen) — nicht geprüft hat, gereicht, wie ich glaube, der von ihm für das Aequivalent des Nickels aufgestellten Zahl — ganz abgesehen von den weiter oben dagegen geäufserten Bedenken — nicht zur besonderen Empfehlung.

Berlin, im Februar 1867.

1) Die angewandten Mengen schwankten zwischen 2 und 2,6 Grm., betrugen aber in der Mehrzahl der Fälle wenig über 2 Grm.

IX. *Ueber die Töne rotirender Stimmgabeln. Zweite Notiz von W. Beetz.*

(Der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen mitgetheilt am 18. Februar 1867.)

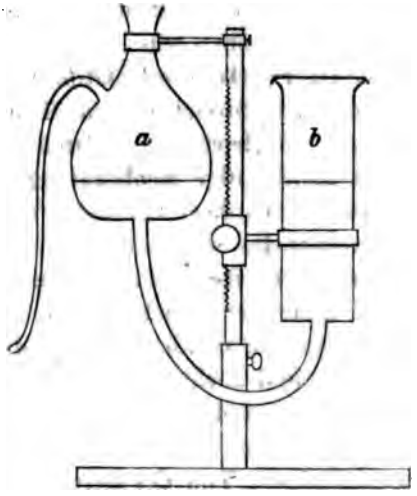
In meiner ersten Mittheilung über die Töne rotirender Stimmgabeln [1]) habe ich den Gedanken, dafs die beiden Schenkel derselben dem Ohre zwei verschiedene hohe Töne zusenden könnten, indem sich der eine dem Ohre nähert der andere sich von demselben entfernt, deshalb aufgegeben, weil die ganze Erscheinung Nichts mit der Schallleitung in der Luft zu thun habe, sondern auch bei verstopften Ohren durch die festen Theile des Kopfes gehört werden könne. Ich wandte deshalb meine Aufmerksamkeit auf diese Erscheinung als auf eine vollkommen objective und erklärte sie als eine andere Gestalt des Foucault'schen Pendelversuchs. In der Sitzung der physikalisch-medicinischen Societät vom 12 November v. J. hatte ich schon die Bemerkung ausgesprochen: zuweilen hört man auch deutlich tiefere Töne, welche aber nicht, wie die höheren, objectiver Natur zu seyn scheinen. In weiterer Verfolgung dieser letzten Beobachtung, welche ich durch nichts Anderes als durch eine Tonveränderung bei der Fortpflanzung der Welle durch die Luft zu erklären wufste, wurde es mir unwahrscheinlich, dafs zwei ganz verschiedene Gründe zur Veränderung des Gabeltones gleichzeitig vorhanden seyn sollten, und ich wiederholte deshalb alle meine früheren Versuche. Der Grundversuch, auf den ich meine Ansicht von der Constanz der Schwingungsebene in der Stimmgabel gestützt hatte, war der, dafs ein Stahlstab mit rechteckigem Durchschnitte, welcher mit freien Enden in der Richtung der einen Seite des Rechtecks schwingt, seinen Ton plötzlich in den verwandelt, welcher der Stabdicke im Sinne der anderen Rechtecksseite entspricht, wenn man den Stab um

1) Diese Ann. Bd. CXXIX, S. 490.

90° dreht, dafs aber der Ton unverändert bleibt, wenn man den Stab ruhen läfst, und das Ohr um ihn herumführt. Bei diesem Versuche bin ich einer Täuschung unterlegen. Der Stab wurde an einem seiner Knoten von einem Faden getragen, während ich einen anderen Knoten zwischen den Fingern hielt. Drehte ich nun den Stab, so entstand der zweite Ton durch Reibung am Faden. Es wurde deshalb nicht gehört, wenn statt des Stabes das Ohr bewegt wurde. Wenn ich den Stab nur zwischen den Fingern fixire und frei hangend durch Streichen (besser als durch Anschlagen) zum Tönen bringe, so bleibt der ursprüngliche Ton auch beim Drehen unverändert. Mit dem Wegfall dieses Versuchs ist aber meine Theorie von der Constanz der Schwingungsebene der Boden entzogen, da sich alles Andere auch anderen Erklärungsweisen anpafst. Ich darf deshalb auch in Bezug auf die Figuren, welche die rotirenden Stäbe des Kaleidophons zeigen, diese Constanz gar nicht in Betracht ziehen. Die von mir beschriebenen Figuren 1, 2 und 3 erklärten sich ohnehin ohne dieselbe, und Fig. 4 dürfte sich auf kleine Excentricitäten, welche sich während der Rotation stark vermehren, zurückführen lassen.

Ehe ich nun auf die von mir behauptete Objectivität der Tonerhöhung näher eingehe, will ich die Resultate meiner weiteren Versuche über die Töne der rotirenden Stimmgabeln mittheilen.

Um die vielen Töne, welche gleichzeitig von einer rotirenden Gabel ausgehen, unterscheiden zu können, mufste man für eine jede Gabel eine grofse Reihe von Resonatoren haben, alle um kleine Tonintervalle von einander gestimmt. Ich ersetze dieselben durch einen verstimmbaren Resonator. Er besteht aus einem weitbauchigen Glasgefäfs (Kochflasche) *a* und einem Cylinderglase *b*. (Siehe umstehende Figur). Das Gefäfs *a* ist an einem Stative befestigt, *b* kann an demselben durch Rad und Zahnstange auf und abbewegt werden. Eine zweite Verstellung erlaubt das gemeinschaftliche Heben und Senken des ganzen Stativs. Die Böden beider Gefäfse sind durchbohrt, und die beiden Enden



eines Kautschukschlauchs sind in beide Oeffnungen eingekittet. Gießt man nun Wasser oder Olivenöl in die beiden Gefäße, so kann man den eigenen Ton der Luftmasse in *a* innerhalb weiter Gränzen höher oder tiefer stimmen, wenn man das Gefäß *b* auf- oder abwärts bewegt. Man könnte auch die Stellung des Schlittens, welcher *b* trägt, am Stativ unmittelbar für Messung der Tonhöhe in *a* gebrauchen. In die Seitenwand von *a* ist noch ein Loch gebohrt, in welches das Ende eines zweiten Kautschukschlauches eingekittet ist, dessen freies Ende der Beobachter in sein Ohr einführt. Hält man über die Resonatoröffnung einen tönenden Körper, während beide nicht ganz *unisono* gestimmt sind, so hört man den Ton zwar deutlich, verschiebt man aber das Gefäß *b*, bis der Einklang hergestellt ist, so schwillt der Ton mächtig an, verliert sich aber wieder, wenn die Verstimmung nach der anderen Richtung eintritt. Erklingen mehrere Töne gleichzeitig über den Resonator, so hört man einen jeden kräftig heraus, wenn der Resonator auf ihn eingestimmt ist, selbst wenn seine Intensität nur eine sehr geringe ist. Durch diesen Apparat konnte ich nun deutlich aus dem Tongewirr die darin enthaltenen Töne isoliren.

Die Gabeln wurden meistentheils um die Axe ihres Stieles, wie früher, gedreht. Sie waren in die Drehbank oder in eine Sauerwald'sche Rotationsmaschine eingeschraubt, wurden durch Streichen zum Tönen gebracht, und dann in möglichst gleichmäfsige Drehungen versetzt, deren Zahl durch gleichzeitige Beobachtung eines Secundenpendels festgestellt wurde. Auf diese Art sind die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Versuche 1 bis 9 und 11 ausgeführt. Der Resonator wurde so dicht wie möglich unter das Ende der Gabel gestellt, zuerst in den Einklang mit ihr gestimmt, und dann während der Drehung allmählich nach oben und nach unten verstimmt. Man hört bei jeder Drehungsgeschwindigkeit alle höheren und tieferen Töne bis zu bestimmten Gränzen. Ueberschreitet man diese, so klingt der eigene Ton des Resonators nicht mehr mit. Die Spalten »Erniedrigung und Erhöhung« enthalten die jedesmal beobachteten Gränztöne mit Namen und schätzungsweiser Angabe ihres Intervalls gegen den Grundton. In der Spalte »Intervall, gefunden,« ist das ganze Intervall zwischen beiden Gränzen angegeben. Die Spalte »Durchmesser« giebt den gröfsten Durchmesser der Gabelbahn an ihrer Spitze an, d. h. den Abstand der beiden äufseren Schenkelflächen von einander. Aus diesem Durchmesser und der Zahl der »Umdrehungen« ist dann die »Geschwindigkeit« in Metern ausgedrückt, berechnet, mit welcher sich die Theilchen auf der äufseren Gabeloberfläche in ihrer Bahn bewegen.

Bei den Versuchen 10 und 12 waren die Gabeln anders befestigt. Die c_2 Gabel im Versuch 12 stand senkrecht gegen die Rotationsaxe, drehte sich also in einer Kreisebene, auf der die Rotationsaxe im Centrum senkrecht steht. Der Abstand der Gabelspitze vom Centrum betrug 205 Millimeter. Die a_1 Gabel im Versuch 10 war auf eine Kreisscheibe senkrecht zu derselben in einer Entfernung von 60 Millimetern vom Centrum befestigt, und diese Scheibe so auf die Drehbank gesteckt, dafs die Drehaxe auf ihr im Centrum senkrecht stand. Die Gabel bewegte

sich also in einer Cylinderfläche um die Drehaxe. Bei beiden Versuchen war es ganz gleichgültig, welche Richtung die Schwingungsebene einnahm. Diese beiden Versuche unterscheiden sich von den früheren dadurch, dafs die Gabel während jeder Umdrehung nur einmal am Resonator vorübergeht. Man hört dennoch das Mitklingen in diesem Moment ganz gut, aber bei gröfseren Geschwindigkeiten, wie z. B. im Versuch 12, läuft man Gefahr, dafs der durch die Rotation erzeugte Luftstrom den Resonator selbst anbläst. Man mufs denselben etwas entfernen und sich überzeugen, dafs er gar nicht tönt, wenn die Gabel ohne zu tönen an ihm vorbeigeht. Freilich erwächst hieraus ein Nachtheil, der nachher erwähnt werden soll. Noch gröfsere Geschwindigkeiten anzuwenden wurde mir deshalb ganz unmöglich. Ich hatte die a_1 Gabel wie im Versuch 10 mit einem Bahnradius von 250 Millimeter rotiren lassen. Dabei entstand aber schon bei 5 Umdrehungen ein solches Pfeifen, und wurde der Resonator soweit hin angeblasen, dafs ein brauchbares Resultat nicht zu erzielen war.

No.	Gabel	Umdrehungen	Durchmesser	Geschwindigkeit	Erniedrigung	Erhöhung	Intervall	
							gefunden	berechnet
1	a_1	6,5	12mm	0,245	$as_1 + = 1{,}03$	$b = 1{,}05$	1,08	1,0014
2	c_1	6,5	19	0,388	$h - c_1 = 1{,}03$	$d_1 - = 1{,}10$	1,13	1,0023
3	a_1	13	12	0,490	$as_1 - = 1{,}05$	$h_1 = 1{,}12$	1,19	1,0029
4	c_2	6,5	29	0,591	$h_1 = 1{,}05$	$d_2 = 1{,}12$	1,18	1,0035
5	a_1	19,5	12	0,735	$g_1 = 1{,}12$	$h_1 - c_2 = 1{,}15$	1,29	1,0044
6	c_1	13	19	0,775	$b - h = 1{,}09$	$es_1 = 1{,}19$	1,30	1,0046
7	c_1	19,5	19	1,163	$a = 1{,}19$	$f_1 = 1{,}33$	1,58	1,0069
8	c_2	13	29	1,183	$b_1 = 1{,}12$	$es_2 + = 1{,}23$	1,38	1,0070
9	c_2	19,5	29	1,774	$a_1 = 1{,}19$	$f_2 = 1{,}33$	1,58	1,0105
10	a_1	6	120	2,261	$e_1 = 1{,}38$	$c_2 = 1{,}50$	2,00	1,0134
11	as	12	63	2,374	$es = 1{,}33$	$es_1 = 1{,}50$	2,00	1,0141
12	c_1	5	410	6,437	$as_1 - = 1{,}26$	$g_2 + = 1{,}53$	1,93	1,0386

Qualitativ passen die erhaltenen Resultate ganz und gar auf das Doppler'sche Princip[1]), nach welchem die Tonhöhe eines Wellenzuges erhöht wird, wenn die Tonquelle sich nähert, vertieft, wenn sie sich entfernt. Die Resonatoröffnung (oder an deren Stelle das Ohr) treffen aber Wellenzüge, deren Tonquelle sich mit sehr verschiedener Geschwindigkeit nähert oder entfernt. Der der Oeffnung diametral gegenüberstehende Punkt, der Gabelbahn, nähert oder entfernt sich relativ gar nicht; die Punkte der einen Bahnhälfte nähern sich mit wachsender Geschwindigkeit, die der anderen Bahnhälfte entfernen sich mit abnehmender Geschwindigkeit. Die Punkte, welche gerade an der Oeffnung vorübergehen, nähern und entfernen sich mit dem Maximum der Geschwindigkeit, nämlich mit derjenigen, welche in der Tabelle in der Spalte »Geschwindigkeit« aufgeführt ist. Einer jeden Stellung der Tonquelle kommt also eine andere Tonveränderung zu, und mit allen tönt der verstimmte Resonator mit, bis zu der höchsten Gränze, welche der gröfsten Näherungs-, und der tiefsten, welche der gröfsten Entfernungsgeschwindigkeit entspricht. Um die Tonverschiebungen recht klar zu hören, ist eine sehr vollkommene Centrirung der Gabeln erforderlich, weil sich sonst beide Schenkel mit verschiedener Geschwindigkeit am Resonator vorüberbewegen. Auch mufs die Gabel den Resonatorrand fast berühren, weil sich sonst der Wellenzug der Oeffnung gar nicht mit der vollen Rotationsgeschwindigkeit nähert, die Tongränzen also viel zu eng ausfallen. Dies ist der oben erwähnte Nachtheil, welcher aus der Entfernung des Resonators erwächst, und den Versuch 12 zur Beurtheilung der Gröfse der Tonverschiebung unbrauchbar macht.

Was nun diese Gröfse betrifft, so zeigt die Tabelle im Allgemeinen, dafs Erhöhung und Erniedrigung mit der Geschwindigkeit zunehmen, wie es die Doppler'sche Theorie verlangt. Die Intervalle erscheinen aber bei ungefähr gleicher Geschwindigkeit gröfser, wenn der Bahndurchmesser

1) Dove, Repertorium VIII, Akustik, S. 86.*

kleiner war, also bei der a_1 Gabel gröfser, als bei der c_1 Gabel, und bei dieser gröfser, als bei der c_2 Gabel. Dies erklärt sich gut, wenn man bedenkt, dafs bei kleinem Bahndurchmesser viel mehr Theile der Bahnstrecke, welche sich beinahe mit dem Geschwindigkeitsmaximum nähern oder entfernen, auf den Resonator einwirken, als bei gröfserem. Die Luft im Resonator wird also stärker angeregt, und man hört noch Tonveränderungen, welche bei geringerer Schallstärke dem Ohre entgehen. Die Versuche 10 und 11 geben, wiewohl ganz verschieden angestellt, bei fast gleicher Geschwindigkeit auch gleiche Intervalle. Bei dem oben erwähnten, in die Tabelle nicht aufgenommenen Versuch, bei welchem die a_1 Gabel mit einem Radius von 250 Millimetern bewegt werde, konnte ich mit bloſsem Ohre oder durch einen Schlauch nur geringe Tonveränderungen entdecken. Freilich war auch die Tonstärke nur sehr gering.

Vergleichen wir nun die beobachteten Intervalle mit mit denen, welche die Rechnung verlangt. Nach der Doppler'schen, oder vielmehr nach der an ihrer Stelle von Mach [1]) benutzten Formel ist die scheinbare Schwingungsdauer

$$\tau' = \tau \frac{\gamma \mp k}{\gamma},$$

wo γ die Geschwindigkeit des Wellenzuges, k die der Tonquelle, und τ die wahre Schwingungsdauer des Tones darstellt. Für γ ist der Werth 340 Meter angenommen worden. Das gesammte Tonintervall zwischen den äufsersten Gränzen ist dann durch

$$\frac{\gamma + k}{\gamma - k}$$

ausgedrückt. Die Werthe sind in der letzten Spalte der Tabelle «Intervall, berechnet» aufgeführt. Man sieht, dafs sich dieselben den Beobachtungen auch nicht im Entferntesten anpassen. Erst bei Versuch 11 sollte das Gesammtintervall etwa ein Comma seyn, es wurde aber eine Octave beobachtet. Bei der geringsten Drehungsgeschwindigkeit,

1) Diese Ann. Bd. CXII, S. 60.

welche angewandt wurde, ist das Intervall schon 1,08, d. h. so grofs, wie es nach der Formel erst bei einer Geschwindigkeit von 13 Metern seyn sollte.

Die Versuche, welche früher zur Bildung des von Doppler aufgestellten Princips angestellt worden sind, haben sich demselben weit besser angeschlossen. Beobachtungen in der Gestalt, wie sie von Buys-Ballot [1]) und von Scott Russell [2]) angestellt worden sind, sind offenbar die reinsten, da sich Tonquelle und Beobachter nur in gerader Linie einander nähern oder von einander entfernen. Wenn sie aber, trotz vielfacher Abweichungen unter einander, sich nur annähernd der Theorie anpassen, so scheint darin eine grofse Bestätigung derselben zu liegen. Der Versuch von Mach, [3]) bei welchem eine Pfeife mit einer Geschwindigkeit von etwa 20 Metern im Kreise herumgeschwungen, eine Tondifferenz von ungefähr einer Secunde gab, hat mehr Aehnlichkeit mit den von mir angestellten Versuchen: im Resultat aber differirt er ungeheuer von denselben. Bei den ungünstigen Ergebnissen, welche mir die gröfseren Rotationsgeschwindigkeiten geliefert haben, kann ich es gar nicht unternehmen, diesen Versuch nach meiner Methode zu wiederholen; der Resonator würde gewaltsam angeblasen werden.

Ein Vergleich meiner Beobachtungsresultate mit der Formel zeigt noch eine eigenthümliche Abweichung. Es mufs nämlich das Intervall, welches die Erhöhung ausdrückt, $\frac{\gamma+k}{\gamma}$, immer etwas kleiner ausfallen als das Intervall der Erniedrigung, $\frac{\gamma}{\gamma-k}$. In meinen Versuchen ist es stets umgekehrt: die Erhöhung betrug immer mehr als die Erniedrigung. Ich kann nicht glauben, dafs die geringere Intensität des tieferen Tones allein hinreicht, um diesen Unterschied zu begründen.

1) Diese Ann. Bd. LXVI, S. 321; Repertorium VIII. Akustik S. 87.*

2) Institut No. 769; Fortschr. d. Physik 1848, S. 127.*

3) Diese Ann. Bd. CXII, S. 65.*

Nach den Ergebnissen der vorstehenden Untersuchungen trägt das Doppler'sche Gesetz entweder dem Einflusse der Bewegung der Tonquelle auf die Tonhöhe noch nicht vollständig Rechnung, oder bei den durch Rotation erfolgten Bewegungen tritt noch eine andere Veränderung der Welle hinzu, welche noch nicht bekannt ist. Ich bin indefs jetzt schon überzeugt, dafs nicht die Rotation die grofsen Tonintervalle bedingt. Stimmt man z. B. den Resonator auf h_1 und hält eine c_2 Gabel ruhig darüber, so hört man deutlich c_2 klingen. Man braucht aber die Gabel nur mit mäfsiger Geschwindigkeit über die Resonatoröffnung parallel mit sich hinwegzuführen, um den Ton h_1 zu hören. Das Entsprechende geschieht, wenn der Resonator auf cis_2 oder gar auf d_2 gestimmt wird.

Ich komme schliefslich zur Betrachtung der Vorgänge, welche man durch eine feste Leitung hindurch beobachtet. Um zu prüfen, ob etwa die ganze Wahrnehmung, welche mich veranlafste, die Tonveränderung als objectiv zu betrachten, auf einer Täuschung beruht habe, schraubte ich das eine Ende einer 6 Meter langen, der ganzen Länge nach mit Baumwolle umhüllten eisernen Stange fest an den Axenträger der Drehbank, welche die Gabel hielt, verstopfte beide Ohren und nahm das andere Ende der Stange, welches sich in einem benachbarten Zimmer befand, zwischen die Zähne. Würde nun die Gabel gestrichen und gedreht, so hörte ich, ohne die Stange in den Mund zu nehmen, gar nichts. Bifs ich aber auf dieselbe, so hörte ich die früher beschriebenen Stöfse und eine Tonerhöhung; bei einer Gabel, der *as* Gabel, gleichzeitig eine Erniedrigung. Dasselbe war zu hören, wenn das freie Stabende auf einen Resonanzkasten gedrückt wurde. Auf die Natur der Stöfse wurde ich aufmerksam, als ich eine Stimmgabel in einer anderen Stellung als der früher beschriebenen rotiren liefs. Herr Kiefsling in Berlin hatte mir brieflich mitgetheilt, er höre die Tonerhöhung deutlich durch einen Kautschukschlauch, wenn er denselben excentrisch gegen eine Gabel richte, welche in ihrer eigenen Schwingungsebene

rotire, so dafs die Rotationsaxe etwa durch die Mitte der Gabellänge geht, nicht aber, wenn er den Schlauch gerade vor dem Drehungsmittelpunkt münden lasse. Als ich diesen Versuch, den ich vollkommen bestätigt fand, an der Drehbank wiederholte, bemerkte ich, dafs die Stöfse bei bestimmten Stellungen der Gabeln eintraten, nämlich bei den beiden lothrechten. Ebenso zeigten alle übrige Gabeln diese Stöfse in bestimmten Stellungen: die um ihre eigene Axe in der Drehbank rotirenden, wenn die beiden Schenkel lothrecht übereinander standen, die auf der verticalen Axe der Rotationsmaschine rotirenden, wenn beide Schenkel in der Längsrichtung des die Axe tragenden Brettes standen. Bei der geringsten Unsymmetrie beider Gabelhälften wird die Axe in den beiden Richtungen der Schwingungen gegen ihr Lager gedrückt. Geschieht dieser Druck in der Richtung der besten Leitung, so wird er als Stofs gehört. Die Erscheinung beruht aber auf einer verschiedenartigen Leitung in den sich berührenden festen Leitern und gehört in die Klasse der Klirrtöne. Sie ist wohl zu unterscheiden von der Weber'schen Interferenzerscheinung, welche man mit dem Resonator sehr stark hört. Die Tonveränderung ist aber gewifs ebenso zu erklären, wie die mit dem Resonator beobachtete. Es treffen Wellenzüge von verschiedener Geschwindigkeit durch die Luft auf die festen Theile der Rotationsmaschine und bringen dieselben zum Mitschwingen. Da diese nahezu parallel der Rotationsaxe laufenden Züge keine grofse Geschwindigkeitsdifferenz haben können, so ist das Intervall, das sie veranlassen, weit kleiner als das an den unmittelbar unter der Gabel stehenden Resonatoren beobachtete. Auch konnte ich die Tonerniedrigung gar nicht beobachten, bis ich die *as* Gabel anwandte, deren Schenkel so weit auseinander stehen, dafs auch hier die Geschwindigkeit der Wellenzüge merklich differirt. Danach hätte die durch die feste Leitung wahrgenommene Erscheinung ihr akustisches Interesse verloren.

Erlangen, im Februar 1867.

X. *Gang der qualitativen chemischen Analyse zur Auffindung der häufiger vorkommenden Stoffe ohne Anwendung von Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium; von Emil Zettnow.*

Es ist bei dieser Methode auf folgende Stoffe, die sich sämmtlich in einer wäßrigen Lösung befinden mögen, Rücksicht genommen:

I. 1) Bleioxyd. 2) Quecksilberoxydul. 3) Silberoxyd.
II. 4) Kalk. 5) Baryt. 6) Strontian.
III. 7) Ammon. 8) Natron. 9) Kali.
IV. 10) Arsenige Säure. 11) Arsensäure.
12) Antimonoxyd. 13) Antimonsäure.
14) Zinnoxydul. 15) Zinnoxyd. 16) Quecksilberoxyd.
17) Kupferoxyd. 18) Kadmiumoxyd.
19) Wismuthoxyd.
V. 20) Eisenoxydul. 21) Eisenoxyd. 22) Chromoxyd.
23) Thonerde.
VI. 24) Manganoxydul. 25) Magnesia.
26) Kobaltoxydul. 27) Nickeloxydul.
VII. 28) Zinkoxyd.

I.

Man fügt zu der Lösung überschüssige Salzsäure und fällt durch dieselbe den größten Theil des Bleioxyds, sämtliches Quecksilberoxydul und Silberoxyd. Nach zweimaligem Auswaschen mit kaltem Wasser übergießt man die Chlormetalle auf dem Filtrum

a) mit kochendem Wasser und versetzt das Filtrat mit verdünnter Schwefelsäure. Eine hierdurch entstehende weiße Trübung deutet auf . . . . . *Bleioxyd.*

b) mit starkem Ammon. Eine graue oder schwarze Färbung deutet auf . . . . . *Quecksilberoxydul.*

c) Zum Filtrat von *b.* setzt man überschüssige Salpetersäure. Ein hierdurch entstehender weißer käsiger Niederschlag beweist die Gegenwart von *Silberoxyd.*

II.

Das Filtrat von I, versetzt man hierauf mit verdünnter überschüssiger Schwefelsäure. Es fallen völlig Bleioxyd, Baryt, Strontian und der gröfste Theil des Kalk's. Man wäscht den Niederschlag 2 bis 3mal mit Wasser.

a) Man schüttelt den Niederschlag mit viel kaltem Wasser einige Minuten und versetzt alsdann das Filtrat mit ziemlich viel oxalsaurem Ammon. Ein sogleich entstehender weifser starker Niederschlag deutet auf . . . . . *Kalk.*

b) Den bei *a*. nicht gelösten Rückstand übergiefst man mit einer durch Ammon stark alkalisch gemachten Lösung von weinsaurem Ammon, erwärmt gelinde und versetzt das Filtrat nach dem Ansäuern durch Essigsäure mit chromsaurem Kali. Die Entstehung eines gelben Niederschlages beweist die Gegenwart von . . . . . *Bleioxyd.*

c) Den bei *b*. erhaltenen Rückstand kocht man nach dem Auswaschen mittelst Wassers 10 bis 15 Minuten lang mit kohlensaurem Natron, filtrirt, wäscht den Rückstand aus, übergiefst ihn auf dem Filtrum mit etwas Salzsäure und theilt die durchlaufende Flüssigkeit nach der Neutralisation durch Ammon in zwei Theile.

α) Den kleineren versetzt man mit ziemlich viel einer gesättigten wäfsrigen Lösung von schwefelsaurem Strontian. Eine sogleich eintretende Trübung, die in 1 bis 2 Minuten stark wird, beweist die Gegenwart von . . . . . *Baryt.*

β) Den gröfsern versetzt man mit überschüssiger Kieselfluorwasserstoffsäure und dem anderthalbfachen Volumen 90 Proc. Alkohol, schüttelt tüchtig, filtrirt, verdünnt das Filtrat mit Wasser, verjagt den Alkohol durch Eindampfen der Flüssigkeit bis auf einen kleinen Rest und versetzt denselben mit Gypslösung, welche nicht augenblicklich, sondern erst nach ½ Minute eine allmählich

stärker werdende Trübung hervorbringen darf; dieselbe deutet auf . . . . . *Strontian.*

III.

Von dem bei II. erhaltenen Filtrate versetzt man etwa den vierten Theil in einem kleinen Kölbchen mit überschüssigem Barytwasser und erhitzt zum Kochen.

a) Durch den Geruch und die Reaction der entweichenden Dämpfe auf Lakmus erkennt man die Anwesenheit von . . . . . *Ammon.*

b) Nach der völligen Austreibung des Ammons filtrirt man, versetzt die durchlaufende Flüssigkeit mit überschüssigem kohlensaurem Ammon und concentrirt nach dem Filtriren die Flüssigkeit bis auf einen kleinen Rest. Ein Tropfen derselben, mittelst eines Platindrahtes in die farblose Flamme eines Bunsen'schen Brenners gebracht, färbt dieselbe

α) intensiv gelb: . . . . . *Natron.*

β) violett, wenn man sie durch ein blaues Glas betrachtet: . . . . . *Kali.*

IV.

Den Rest des bei II. erhaltenen Filtrates versetzt man in einem kleinen Kölbchen, dessen Hals mit einem Kork verschlossen ist, der in seiner Durchbohrung eine in eine Spitze ausgezogene Glasröhre trägt, mit reinem Zink und zündet nach einiger Zeit das entweichende Wasserstoffgas an, nachdem man um das Kölbchen ein Tuch geschlagen hat. In die Flamme hält man hierauf einen Tiegeldeckel von Porzellan und beobachtet, ob sich auf demselben Flecke absetzen. Nach einer Einwirkung von etwa 20 Minuten hat das Zink alles Arsen, Antimon, Zinn, Quecksilber, Kupfer, Kadmium und Wismuth aus der Lösung niedergeschlagen. Bei Gegenwart von Quecksilber geht die Ausfällung der Metalle nicht gut von Statten, da sich das Zink amalgamirt und von der verdünnten Salzsäure nicht mehr angegriffen wird. Wirft man jedoch in diesem Falle

einige Stücke Platinblech in das Kölbchen und erwärmt die Flüssigkeit, so ist die Ausfällung ebenso schnell beendet, als bei Abwesenheit von Quecksilber. Die Metalle filtrirt man ab und verfährt mit dem Filtrate nach V.

A) Man hat beim Hineinhalten von kaltem Porcellan Flecke erhalten. Dieselben zeigen die Gegenwart an von . . . . . *Arsen* und *Antimon*. Ob nur eins oder beide Metalle die Flecke bilden, ferner in welchem Zustande der Oxydation sie sich befinden, erkennt man nach den gewöhnlichen Methoden.

B) Die niedergeschlagenen Metalle wäscht man mit Wasser und oxydirt sie mit Salpetersäure.

a) *α*) Den weifsen Rückstand, der Zinn und Antimon enthält, wäscht man mit Wasser aus, übergiefst ihn mit Salzsäure, erhitzt zum Kochen, giefst, falls er sich nicht völlig gelöst hat, die klare Flüssigkeit ab, bringt sie in ein Platinschälchen und legt ein Stückchen Zink hinein. Schwarze Färbung des Platins, soweit als die Flüssigkeit dasselbe bedeckt, beweist die Gegenwart von *Antimon*.

β) Sobald eine evidente schwarze Färbung des Platin's eingetreten ist, fügt man den vorher bei *α*. nicht gelösten, weifsen Rückstand zu der Flüssigkeit in dem Platinschälchen, wartet bis die Wasserstoffentwicklung fast aufgehört hat, entfernt das Zink, welches man abspült, aus der Lösung, erhitzt dieselbe unter Zusatz einiger Tropfen Salzsäure zum Sieden und giefst die filtrirte Lösung in überschüssiges Quecksilberchlorid. Ein entstehender weifser Niederschlag deutet auf die Anwesenheit von . . . . . *Zinn*.

b) Zu einem kleinen Theilchen der salpetersauren Lösung der Metalloxyde setzt man Zinnchlorür. Die Entstehung eines weifsen, bald grauschwarz werdenden Niederschlags deutet auf . . *Quecksilberoxyd*.

c) den Rest der salpetersauren Lösung versetzt man

mit etwas Salzsäure, kocht auf und fügt überschüssige Natronlauge zu der Flüssigkeit. Den hierdurch entstandenen Niederschlag wäscht man mit Wasser aus und übergiefst ihn auf dem Filtrum mit Ammon, dem man einige Tropfen Salmiak zugesetzt hat.

a) Die durchlaufende Flüssigkeit

aa) prüft man mit Ferrocyankalium auf . . . . . *Kupferoxyd.*

bb) versetzt man viel Natronlauge. Ein hierdurch entstehender Niederschlag, welcher weifs und gelatinös ist, deutet auf . . *Kadmiumoxyd.*

NB. Um neben viel Kupfer sehr geringe Mengen von Kadmium nachzuweisen, scheidet man zuvor das erstere besser aus der Lösung ab. Man erhitzt dieselbe zu diesem Zwecke nach starkem Ansäuern mit Salzsäure zum Kochen und fügt nach und nach eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron hinzu, bis die Flüssigkeit durch ausgeschiedenen Schwefel milchig erscheint. Hierbei wird alles Kupfer als schwarzes Schwefelkupfer abgeschieden, während alles Kadmium gelöst bleibt und nach dem Filtriren der Lösung und dem Concentriren derselben durch Natronlauge gefällt werden kann.

β) Den auf dem Filter bleibenden Rückstand übergiefst man mit einigen Tropfen Salzsäure und versetzt die durchlaufende Flüssigkeit mit viel Wasser. Eine hierbei eintretende Trübung deutet auf die Gegenwart von . . *Wismuthoxyd.*

V.

Das bei IV. erhaltene Filtrat versetzt man mit einigen Tropfen Salpetersäure, kocht auf und prüft

a) ein kleines Theilchen der Flüssigkeit mittelst Rhodankalium auf . . . . . *Eisen.*

Durch Prüfung der ursprünglichen Lösung in gewöhnlicher Weise erfährt man alsdann, ob dasselbe als Oxydul oder Oxyd sich in der Lösung befindet.

b) Den Rest der Flüssigkeit versetzt man nach der Neu-

tralisation mittelst Ammon mit überschüssigem kohlensaurem Baryt[1]), schüttelt etwa 10 Minuten lang und filtrirt. Mit der durchlaufenden Flüssigkeit verfährt man nach VI. Den Niederschlag übergiefst man nach dem Auswaschen mit Wasser, in einer Porcellanschale mit verdünnter Schwefelsäure, kocht, bis alle Kohlensäure entwichen ist, und filtrirt. Die durchlaufende Flüssigkeit übersättigt man mit ziemlich viel Natronlauge und fügt, ohne vorher zu filtriren, soviel übermangansaures Kali zu derselben, dafs sie durch dasselbe röthlich gefärbt erscheint, setzt dann 1 bis 2 Tropfen Salmiak hinzu, kocht auf und filtrirt. Die durchlaufende Flüssigkeit theilt man in zwei Theile.

α) Den einen versetzt man mit etwas essigsaurem Bleioxyd und säuert ihn alsdann mit Essigsäure stark an. Ein hierbei entstehender gelber Niederschlag von chromsaurem Bleioxyd beweist die Gegenwart von . . . . . *Chromoxyd.*

β) Zum andern fügt man überschüssiges Chlorammonium und fällt dadurch . . . . . *Thonerde.*

VI.

Das bei V. b) erhaltene Filtrat versetzt man mit überschüssiger Schwefelsäure, filtrirt und übersättigt die durchlaufende Flüssigkeit mit kohlensaurem Ammon. Nach gelindem, einige Minuten anhaltendem Erwärmen filtrirt man den alles Manganoxydul und den bei II. durch die Schwefelsäure nicht gefällten Kalk enthaltenden Niederschlag ab und wäscht ihn aus.

α) α) Von dem Niederschlag prüft man ein Theilchen durch Schmelzen mit Soda und etwas Salpeter auf . . . . . *Manganoxydul.*

β) Den Rest desselben löst man in Salzsäure, neutralisirt mit Ammon, fügt viel Salmiak, dann oxal-

1) Falls in der Flüssigkeit Phosphorsäure, Borsäure u. s. w. vorhanden sind, fügt man vor dem Zusatz des kohlensauren Baryts eine genügende Menge Eisenchlorid hinzu.

saures Ammon hinzu. Ein hierdurch entstehender Niederschlag deutet auf . . . . . *Kalk.*

b) Das Filtrat versetzt man mit phosphorsaurem Natron. Ein krystallinischer Niederschlag deutet auf *Magnesia.* Man filtrirt denselben ab.

c) Das Filtrat von *b*) dampft man zur Trockne ab, löst den Rückstand in etwas Salzsäure und versetzt die Flüssigkeit mit salpetrigsaurem Kali und Essigsäure. Ein gelber Niederschlag, der abfiltrirt wird, deutet auf . . . . . *Kobaltoxydul.*

d) Zum Filtrat von *d*) fügt man Natronlauge. Ein apfelgrüner Niederschlag deutet auf . . . *Nickeloxydul.*

VII.

Zur Prüfung auf Zink fällt man aus einem Theil der ursprünglichen Lösung durch Salz- und Schwefelsäure die betreffenden Körper, fügt alsdann zum Filtrat Natronlauge im Ueberschufs, kocht auf, filtrirt; die durchlaufende Flüssigkeit versetzt man mit einigen Tropfen kohlensaurem Ammon und überschüssigem Salmiak, kocht hierauf, bis aller Geruch nach Ammoniak verschwunden ist, und eine klare Probe der Flüssigkeit bei weiterm Kochen sich nicht mehr trübt, und filtrirt. Giebt die durchlaufende Flüssigkeit alsdann beim Versetzen mit Ferrocyankalium eine weifse Fällung oder Trübung, so deutet dieselbe auf

Zinkoxyd.

Weitere Mittheilungen über denselben Gegenstand behalte ich mir vor, verweise im Betreff der Details auf meine unter der Presse befindliche »Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse ohne Anwendung von Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium.«

Berlin den 6ten März 1867.

XI. *Krystallsystem und optische Verhältnisse des ameisensauren Kadmiumoxyd-Baryts; von A. Brio aus Charkow.*

(Im Auszuge aus d. Sitzungsb. d. Wiener Akad. Bd. LIV.)

Die krystallographische und optische Untersuchung dieser Krystalle, welche ich im physikalischen Kabinete der Wiener Universität ausgeführt habe, hat folgende Resultate ergeben.

Krystallsystem: monoklinisch.

$$a : b : c = 0{,}8983 : 1 : 0{,}5400$$
$$ac = 90°28'$$

Beobachtete Formen: (0 1 0), (1 1 0), (1 2 0), (1 3 0), (1 0 1), ($\bar{1}$ 0 1), (0 1 1), (1 1 1), ($\bar{1}$ 1 1).

Axenschema:

$$(1\,0\,0)\ ac = 136°33'.$$
$$+$$

Mittlerer Hauptbrechungsquotient, wirklicher und scheinbarer Winkel der optischen Axen.

	β	AB	(AB)
Rothes Glas.	1,5182,	66° 51′	115° 27′
Natrium-Flamme	1,5323,	67° 36′	117° 0′

Eine von Hrn. Bergrath, K. Ritter v. Hauer neuerlich ausgeführte Analyse ergab für diese Krystalle die Zusammensetzung:

$$2(C_2HBaO_4) + 2(C_2HCdO_4) + 3HO.$$

XII. *Ueber die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete; von W. Siemens.*

(Vorläufige Anzeige aus d. Monatsber. d. K. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Januar 1867.),

Wenn man zwei parallele Drähte, welche Theile des Schliefsungskreises einer galvanischen Kette bilden, einander nähert oder von einander entfernt, so beobachtet man eine Schwächung oder eine Verstärkung des Stroms der Kette, je nachdem die Bewegung im Sinne der Kräfte, welche die Ströme auf einander ausüben oder im entgegengesetzten, stattfindet. Dieselbe Erscheinung tritt im verstärkten Maafse ein, wenn man die Polenden zweier Elektromagnete, deren Windungen Theile desselben Schliefsungskreises bilden, einander nähert oder von einander entfernt. Wird die Richtung des Stromes in dem einen Drahte im Augenblicke der gröfsten Annäherung und Entfernung umgekehrt, wie es bei elektrodynamischen Rotationsapparaten und elektromagnetischen Maschinen auf mechanischem Wege ausgeführt wird, so tritt mithin eine dauernde Verminderung der Stromstärke der Kette ein, sobald der Apparat sich in Bewegung setzt. Diese Schwächung des Stromes der Kette durch die Gegenströme, welche durch die Bewegung im Sinne der bewegenden Kräfte erzeugt werden, ist so bedeutend, dafs sie den Grund bildet, warum elektromagnetische Kraft-Maschinen nicht mit Erfolg durch galvanische Ketten betrieben werden können. Wird eine solche Maschine durch eine äufsere Arbeitskraft im entgegengesetzten Sinne gedreht, so mufs der Strom der Kette dagegen durch die jetzt ihm gleich gerichteten inducirten Ströme verstärkt werden. Da diese Verstärkung des Stromes auch eine Verstärkung des Magnetismus des Elektromagnets, mithin auch eine Verstärkung des folgenden inducirten Stromes hervorbringt, so wächst der Strom

der Kette in rascher Progression bis zu einer solchen Höhe, dafs man sie selbst ganz ausschalten kann, ohne eine Verminderung desselben wahrzunehmen. Unterbricht man die Drehung, so verschwindet natürlich auch der Strom und der feststehende Elektromagnet verliert seinen Magnetismus. Der geringe Grad von Magnetismus, welcher auch im weichsten Eisen stets zurückbleibt, genügt aber, um bei wieder eintretender Drehung das progressive Anwachsen des Stromes im Schliefsungskreise von Neuem einzuleiten. Es bedarf daher nur eines einmaligen kurzen Stromes einer Kette durch die Windungen des festen Elektromagnets, um den Apparat für alle Zeit leistungsfähig zu machen. Die Richtung des Stromes, welchen der Apparat erzeugt, ist von der Polarität des rückbleibenden Magnetismus abhängig. Aendert man dieselbe vermittelst eines kurzen entgegengesetzten Stromes durch die Windung des festen Magnets, so genügt dieſs, um auch allen später durch Rotation erzeugten mächtigen Strömen die umgekehrte Richtung zu geben.

Die beschriebene Wirkung mufs zwar bei jeder elektromagnetischen Maschine eintreten, die auf Anziehung und Abstofsung von Elektromagneten begründet ist, deren Windungen Theile desselben Schliefsungskreises bilden; es bedarf aber doch besonderer Rücksichten zur Herstellung von solchen elektrodynamischen Inductoren von grofser Wirkung. Der von den commutirten, gleichgerichteten Strömen umkreiste feststehende Magnet mufs eine hinreichende magnetische Trägheit haben, um auch während der Stromwechsel den in ihm erzeugten höchsten Grad des Magnetismus ungeschwächt beizubehalten, und die sich gegenüberstehende Polflächen der beiden Magnete müssen so beschaffen seyn, dafs der feststehende Magnet stets durch benachbartes Eisen geschlossen bleibt, während der bewegliche sich dreht. Diese Bedingungen werden am besten durch die von mir vor längerer Zeit in Vorschlag gebrachte und seitdem von mir und Anderen vielfältig benutzte Anordnung der Magnetinductoren erfüllt. Der rotirende Elek-

tromagnet besteht bei derselben aus einem um seine Axe rotirenden Eisencylinder, welcher mit zwei gegenüberstehenden, der Axe parallel laufenden, Einschnitten versehen ist, die den isolirten Umwindungsdraht aufnehmen. Die Polenden einer gröfseren Zahl von Stahlmagneten oder im vorliegenden Fall die Polenden des feststehenden Elektromagnetes, umfassen die Peripherie dieses Eisencylinders in seiner ganzen Länge mit möglichst geringem Zwischenraume.

Mit Hülfe einer derartig eingerichteten Maschine kann man, wenn die Verhältnisse der einzelnen Theile richtig bestimmt sind und der Commutator richtig eingestellt ist, bei hinlänglich schneller Drehung in geschlossenen Leitungskreisen von geringem aufserwesentlichem Widerstande Ströme von solcher Stärke erzeugen, dafs die Umwindungsdrähte der Elektromagnete durch sie in kurzer Zeit bis zu einer Temperatur erwärmt werden, bei welcher die Umspinnung der Drähte verkohlt. Bei anhaltender Benutzung der Maschine mufs diese Gefahr durch Einschaltung von Widerständen oder durch Mäfsigung der Drehungsgeschwindigkeit vermieden werden. Während die Leistung der magnetoelektrischen Inductoren nicht in gleichem Verhältnisse mit der Vergröfserung ihrer Dimensionen zunimmt, findet bei der beschriebenen das umgekehrte Verhältnifs statt. Es hat dies darin seinen Grund, dafs die Kraft der Stahlmagnete in weit geringerem Verhältnifs zunimmt, als die Masse des zu ihrer Herstellung verwendeten Stahls, und dafs sich die magnetische Kraft einer grofsen Anzahl kleiner Stahlmagnete nicht auf eine kleine Polfläche concentriren läfst, ohne die Wirkung sämmtlicher Magnete bedeutend zu schwächen oder sie selbst zum Theil ganz zu entmagnetisiren. Magnetinductoren mit Stahlmagneten sind daher nicht geeignet, wo es sich um Erzeugung sehr starker andauernder Ströme handelt. Man hat es zwar schon mehrfach versucht solche kräftige magnetelektrische Inductoren herzustellen und auch so kräftige Ströme mit ihnen erzeugt, dafs sie ein intensives elektrisches Licht gaben, doch mufsten diese Maschinen colossale Dimensionen erhalten, wo-

durch sie sehr kostbar wurden. Die Stahlmagnete verloren ferner bald den gröfsten Theil ihres Magnetismus und die Maschine ihre anfängliche Kraft.

Neuerdings hat der Mechaniker Wild in Birmingham die Leistungsfähigkeit der magnetelectrischen Maschinen dadurch wesentlich erhöht, dafs er zwei Magnetinductoren meiner oben beschriebenen Construction zu einer Maschine combinirte. Den einen, gröfseren dieser Inductoren versieht er mit einem Elektromagnet an Stelle der Stahlmagnete und verwendet den anderen zur dauernden Magnetisirung dieses Elektromagnets. Da der Elektromagnet kräftiger wird, als die Stahlmagnete, welche er ersetzt, so mufs auch der erzeugte Strom durch diese Combination in mindestens gleichem Maafse verstärkt werden.

Es läfst sich leicht erkennen, dafs Wild durch diese Combination die geschilderten Mängel der Stahlmagnet-Inductoren wesentlich vermindert hat. Abgesehen von der Unbequemlichkeit der gleichzeitigen Verwendung zweier Inductoren zur Erzeugung eines Stromes, bleibt sein Apparat doch immer abhängig von der unzuverlässigen Leistung der Stahlmagnete.

Der Technik sind gegenwärtig die Mittel gegeben, elektrische Ströme von unbegränzter Stärke auf billige und bequeme Weise überall da zu erzeugen, wo Arbeitskraft disponibel ist. Diese Thatsache wird auf mehreren Gebieten derselben von wesentlicher Bedeutung werden.

XIII. *Ueber die Anwendung mit Silber belegter Gläser als Blendgläser.*

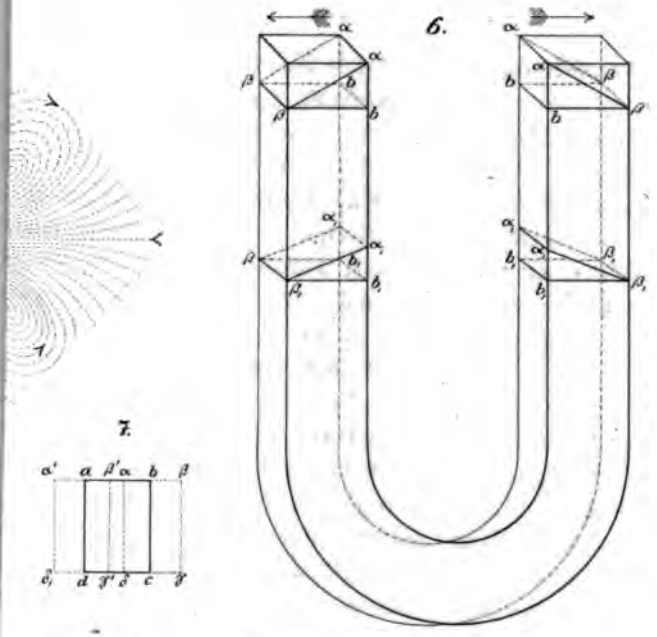
In den Monatsberichten der Berliner Akademie von 1859 S. 364 findet sich folgende Notiz von Prof. Dove:

»Die Schwächung des Lichts intensiver Lichtquellen wird in der Regel durch farbige Gläser hervorgerufen, welche

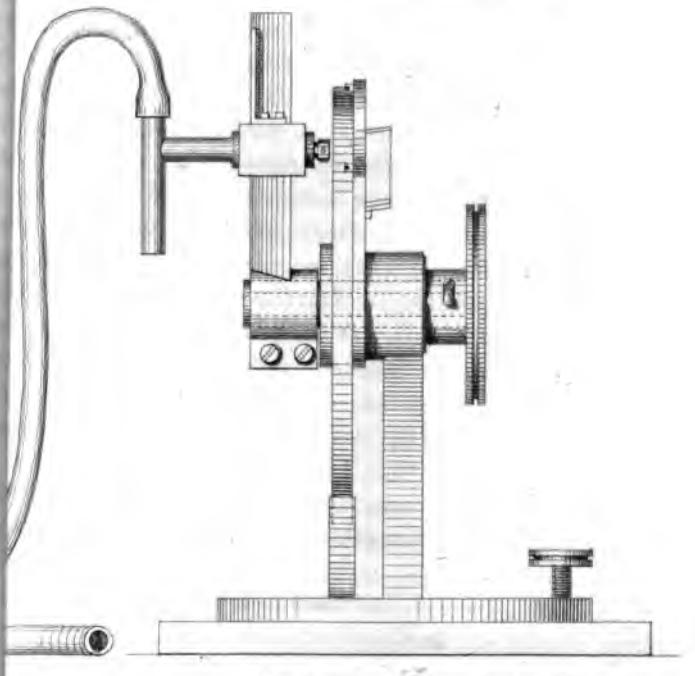
die verschiedenen Theile des Spectrums ungleich absorbiren und daher das geschwächte Licht in einer bestimmten Färbung zeigen, welche sich bei manchen der Homogenität nähert. So wünschenswerth dieſs für bestimmte optische Versuche ist, so wird doch bei anderen Versuchen gerade das Entgegengesetzte verlangt. Man hat daher vielfach polarisirende Vorrichtungen angewendet, um das Sonnenlicht so zu schwächen, daſs man ohne Nachtheil hineinblicken kann, und daſs es dabei weiſs bleibt. Eine Mittelstufe zwischen beiden stellen die Metalle dar. Da man es in seiner Gewalt hat, das Silber (über Platin habe ich keine Beobachtungen gemacht) in Lagen von verschiedener Mächtigkeit auf Glasplatten zu fixiren, so erhält man dadurch Blendgläser von jedem beliebigen Grad der Schwächung, die zugleich als Spiegel angewendet werden können und in sofern wohl zu empfehlen sind, da die blaue Färbung, die sie geben, für weiſse Objecte keinen störenden Eindruck macht.«

Indem wir hier, auf Wunsch des Verfassers, diese von uns übersehene Notiz in Erinnerung bringen, müssen wir doch glauben, daſs Hr. Foucault (Ann. Bd. 129, S. 649) gute Gründe gehabt habe, das umständlichere Verfahren der Versilberung des Objectives dem einfacheren Gebrauche eines ähnlichen Blendglases vorzuziehen. Muthmaſslich erträgt letzteres nicht die Hitze in der Nähe des Brennpunkts. — Hr. Le Verrier hat übrigens die Versilberung an dem 25 Centimeter im Durchmesser haltenden Objective eines Aequatoreals der Pariser Sternwarte ausführen lassen und rühmt die Wirkung derselben bei Sonnenbeobachtungen auſserordentlich. Zugleich giebt er an, daſs, nach einer Untersuchung des Hrn. Wolf mit seinem Spectroskop das durchgehende Licht alle Strahlen enthalte bis auf die äuſsersten rothen, mit denen zugleich die dunklen Wärmestrahlen zu verschwinden scheinen (*Compt. rend. LXIII*, 547). *P.*

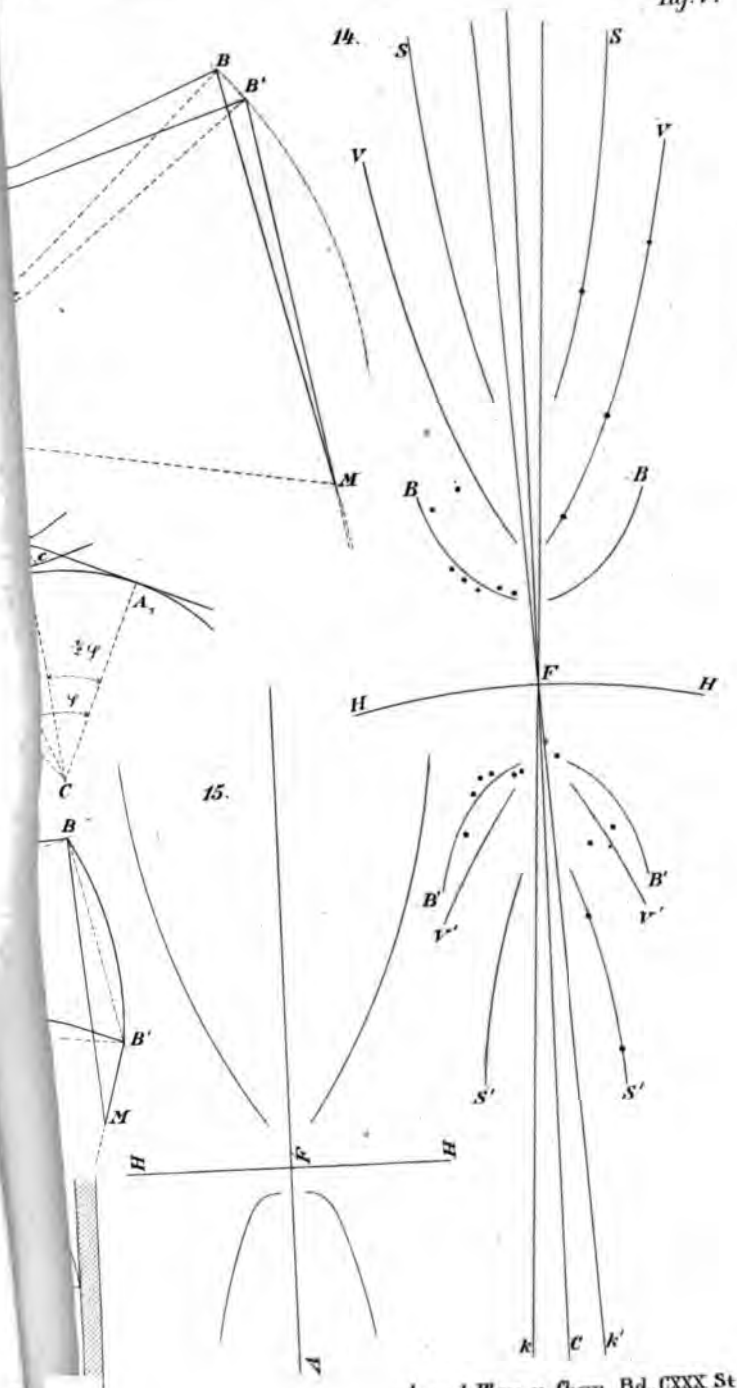
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.



7.



14.



15.

Fig. 1.

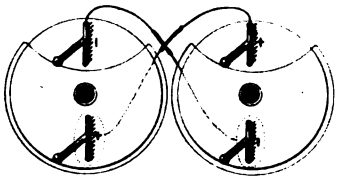


Fig. 2.

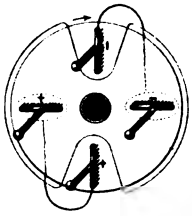


Fig. 3.

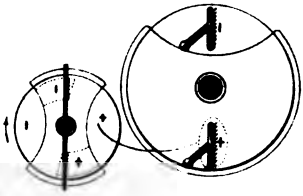


Fig. 4.

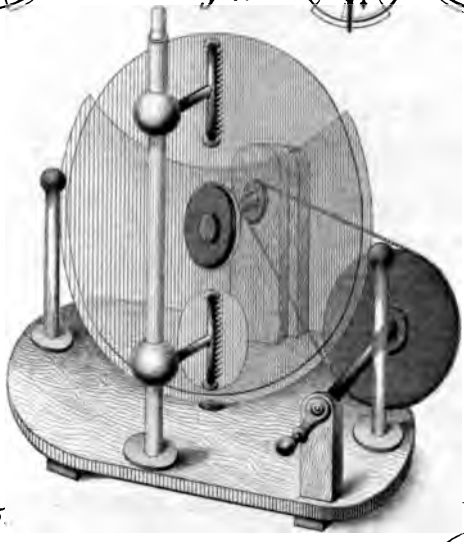


Fig. 5.

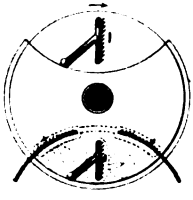


Fig. 6.

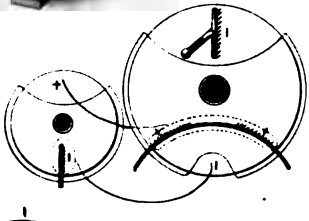
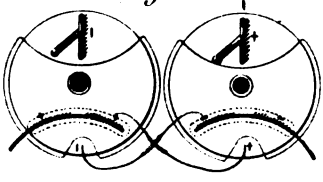


Fig. 7.



1867. ANNALEN No. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXXX.

I. *Ueber den Vertheilungseinfluſs des elektrischen Stroms auf die Masse seines eigenen Leiters; von Dr. H. Buff.*

1. Die vorliegende Arbeit ist zunächst aus dem Bedürfnisse hervorgegangen, das eigenthümliche Auftreten des sogenannten Extrastroms einem gröſseren Kreise von Zuhörern anschaulich zu machen. Dabei gelangte ich jedoch zu einigen Resultaten, die auch ein allgemeineres Interesse bieten und welche mir daher der Mittheilung nicht unwerth scheinen.

Seit der Entdeckung des Extrastroms durch Faraday [1]) ist derselbe zwar von allen Physikern beobachtet und häufig benutzt, aber selten zum Gegenstand besonderer Untersuchungen gewählt worden. Messungen desselben haben, so weit mir bekannt, nur Edlund [2]) im physikalischen Cabinet zu Göttingen und Rijke [3]) ausgeführt. Aus denselben ging hervor: daſs die beim Schlieſsen und Oeffnen eines elektrischen Stroms in der Masse seines eigenen Leiters inducirten Kräfte, für den Fall eines gleichen Leitungswiderstandes gleiche Mengen von Electricität in Cirkulation setzen und daſs diese Mengen der inducirenden Stromstärke proportional sind.

Edlund's Verfahren bestand darin, den Schlieſsungsbogen einer galvanischen Kette auſserhalb dieser Kette selbst, in zwei Abtheilungen *a* und *b* zu spalten, welche in entgegengesetztem Sinne um die Nadel eines Magneto-

1) Pogg. Ann. Bd. 35, S. 413.
2) Pogg. Ann. Bd. 77, S. 161.
3) Pogg. Ann. Bd. 102, S. 481.

meters herum liefen und mittelst eines in *a* eingeschlossenen Stromregulators so ausgeglichen werden konnten, dafs die Nadel bei jeder Stromstärke ihre natürliche Ruhelage oder sonst irgend eine bestimmte Stellung einhalten mufste.

In der Leitung *a* befand sich ferner eine Inductionsrolle, nach Bedürfnifs mit oder ohne Eisenkern. Es mufste also sowohl beim Schliefsen wie beim Oeffnen der Kette ein Extrastrom erzeugt werden, der dann aber vermöge der getroffenen Anordnung durch die beiden Aeste *a* und *b* der Leitung in gleichem Sinne cirkulirte und eine seiner Stärke entsprechende ablenkende Kraft auf die Nadel ausübte.

Ich glaubte anfangs, dafs dasselbe Verfahren bei einem gewöhnlichen Galvanometer mit einfacher oder Doppelnadel mit gleicher Sicherheit und gleichem Erfolge brauchbar sey, und dadurch zu Demonstrationen in Vorlesungen sich eigne. Bald zeigte sich jedoch, dafs dies nicht der Fall ist, und zwar aus dem Grunde, weil die durch ungleiche Spannung und Erwärmung unvermeidlichen Aenderungen im Leitungswiderstande der beiden Aeste *a* und *b* des Schliefsungsbogens, eine Ausgleichung ihrer Wirkungen auf die Nadel, auf die Dauer und insbesondere für ungleiche Stromstärken nicht zulassen. Jedenfalls überschritt die daraus entspringende Fehlerquelle bei den Anordnungen, welche ich bis jetzt geprüft habe, bedeutend die Gränzen der Beobachtungsfehler.

2. Ich wendete mich daher zu einem anderen Verfahren, welches, jedenfalls zu dem Zwecke von Vorlesungsversuchen, sich durch ungleich gröfsere Sicherheit und Bequemlichkeit empfiehlt. Im Wesentlichen charakterisirt sich dasselbe durch die Einführung einer Zersetzungszelle in die eine Verzweigung des gespaltenen Theils der Leitung, während in der andern Verzweigung die Inductionsrolle eingeschaltet ist.

Die Fig. 13 Taf. V giebt eine schematische Uebersicht des Apparates. Bei *K* befindet sich eine galvanische Kette, deren Schliefsungsbogen sich bei *a* in die beiden Aeste *aζb* und *aPb* spaltet, die bei *b* wieder zusammenlaufen. Bei *R* befindet sich ein Stromregulator und bei *T* eine

Tangentenbussole. Letztere besitzt nur einen einfachen Ring von 4 Decimeter Durchmesser. Ein electrischer Strom, der ihre Nadel um 45° ablenken kann, vermag in jeder Minute aus verdünnter Schwefelsäure 43,5 CC Wasserstoffgas (bei 0° und unter 760^{mm} Druck) abzuscheiden.

Die Zweigleitung $a\zeta b$ enthält die Inductionsrolle, und in deren Abzweigung aPb ist die Zersetzungszelle, oder auch ein Voltameter eingeschaltet. Dieselbe Nebenschliefsung führt bei G zu dem Multiplicatorgewinde eines Galvanometers, welches jedoch nur in besonderen, später zu bezeichnenden Fällen als Bestandtheil der Leitung aufgenommen wurde.

In dem Hauptstamme der Leitung ist bei p eine Unterbrechungsstelle angebracht, deren Uebergangspunkte in leitender Verbindung mit dem einen Rade eines Analysators [1]) stehen, dessen anderes Rad mit den Enden der Unterbrechungsstelle q verbunden ist. Dadurch wird es möglich, bei fortgesetzter Drehung beider Räder, immer in gleichem Sinne, in regelmäfsiger Folge, entweder zuerst einen vollständigen Zusammenhang sämmtlicher Theile der Leitung herzustellen, dann die Verbindung bei q und zuletzt die bei p zu lösen und so fort, oder auch durch umgekehrte Drehung der Räder zuerst nur die Trennungsstelle p zu schliefsen, während q noch einen Augenblick offen bleibt und dann unter fortgesetzter Drehung die Unterbrechung bei p vor derjenigen bei q zu bewerkstelligen. Gelangt ein elektrischer Strom von K nach a und sind die Uebergänge q und p geschlossen, so verzweigt sich derselbe durch die beiden Aeste des gespaltenen Theiles der Leitung. Der durch aPb fliefsende Stromtheil erfährt durch die Polarisation der Zersetzungszelle einen Widerstand, der jedoch eine gewisse Gränze der Gröfse nicht übersteigen kann. Der durch $a\zeta b$ fliefsende Stromtheil inducirt im Augenblicke seines Anschwellens in der Spirale ζ eine elektromotorische Kraft, welche im entgegengesetzten Sinne des inducirenden Stromes wirksam ist und

1) Vergl. Pogg. Ann. Bd. 127, S. 57.

unter günstigen Umständen eine Gröfse erreichen kann, hinreichend, um ein relatives Uebergewicht der Stromstärke in der Verzweigung aPb auftreten zu lassen, so dafs im ersten Augenblicke des Schliefsens die Polarisation in der Zersetzungszelle überwunden werden kann.

Oeffnet sich hierauf die Uebergangsstelle q während p noch geschlossen bleibt, so erscheint die Nebenschliefsung aPb von dem Kreislaufe der strömenden Electricität abgetrennt, und der gleich darauf mit der Unterbrechung bei q auftretende zweite Inductionsstrom ist verhindert, seinen Weg durch die Zersetzungszelle zu nehmen.

Es ist einleuchtend, dafs diese Wirkung beliebig oft, (durch einmalige Umdrehung des Analysators achtmal) wiederholt und so der Einfluſs der Schliefsungsinduction ungestört von demjenigen der Unterbrechungsinduction geprüft werden kann.

In ähnlicher Weise, bei umgekehrter Drehung des Analysators, läfst sich die erste Induction ausschliefsen, wenn die zweite (der Extrastrom) für sich untersucht werden soll.

3. Die Spirale, welche bei den folgenden Versuchen gewöhnlich gebraucht wurde, besteht aus 500 Windungen eines Kupferdrahts von 2^{mm} Dicke, der um einen hohlen Cylinder von Holz gewickelt ist, dessen innerer Raum bei 20^{mm} Weite 130^{mm} Länge hat. Dieser Raum konnte leer bleiben oder auch mit einem massiven Eisenkern oder mit gefirnifsten und dadurch von einander isolirten Eisenstiften ausgefüllt werden.

Als Zersetzungsflüssigkeit diente chemisch reine, verdünnte Schwefelsäure von 1,14 spec. Gewicht. In diese Flüssigkeit tauchten zwei Glasröhren, in deren untere aufgebogene Enden feine, nicht ganz $\frac{1}{10}$ Millimeter dicke und 25 Millimeter lange Platindrähte eingeschmolzen waren. Um die leitende Verbindung der letzteren nach Aufsen zu vermitteln, füllte man die Glasröhren mit Quecksilber, in welches Kupferdrähte mit amalgamirten Enden eingesenkt wurden.

Wenn das von den beschriebenen Electroden aufsteigende Gas gemessen werden sollte, wurden dieselben unter getheilte Glasglocken von nur 11^{mm} Weite gebracht. Hundert Maſstheile dieser Glocken entsprechen 25 CC. Die Ablesung der Gasvolume geschah stets mittelst eines Fernrohrs aus zwei Metern Abstand. Dieses Fernrohr, an senkrechtem Maaſsstabe verschiebbar, erlaubt die Unterabtheilungen zwischen je zwei Theilstrichen der Meſsröhren mit groſser Schärfe zu bestimmen.

4. *Maaſs des Polarisationswiderstandes der Elektroden.* Der Widerstand der Polarisation erhebt sich bei feinen Platindrähten zu einem merklich gröſseren Werthe, als bei Platinplatten, und nähert sich überdieſs weit schneller einem Maximum. Da die Kenntniſs des letzteren bei den späteren Versuchen von Wichtigkeit ist, so habe ich dasselbe durch eine besondere Versuchsreihe bestimmt.

In den leitenden Kreis der Zersetzungszelle wurde zu diesem Behufe eine Tangentenbussole und zugleich eine Widerstandsrolle eingeschlossen, so daſs der Gesammtwiderstand der Leitung den eines beständigen Kohlen-Zinkpaares um mehr als das Vierhundertfache überstieg. Da nun die Schwankungen in der Gröſse des Widerstandes bei den folgenden Versuchen sich zwischen den Gränzen desjenigen von drei Paaren hielten, so konnte bei Allen unbedenklich ein gleicher Leitungswiderstand in Rechnung genommen werden. Die Gleichung zwischen Stromstärke und electromotorischer Kraft erhielt dadurch die vereinfachte Gestalt:

$$q = nK - P,$$

aus welcher, geztützt auf einige Messungen der Stromstärke, das Verhältniſs der elektromotorischen Kraft zur Polarisation leicht abzuleiten war.

Die Angaben der Stromstärke in der folgenden Tafel stützen sich jedesmal auf vier Versuche rechts und links von der Nulllage der Nadel, aus welcher dann das Mittel genommen wurde.

Anzahl der Paare; n	Ablenkung; gefunden. α	Stromstärke; $\operatorname{tng}\alpha$	Ablenkung berechnet.
5	14°,9	0,26608	14° 54′
4	10°,0	0,17633	10° 8′
3	5°,375	0,09408	5° 14′
2	0°,7	0,01222	0° 15′

Nur die drei ersten Beobachtungen wurden zur Bestimmung von K und P benutzt. Es ergab sich:

$$K = 0{,}08725\,;\ P = 0{,}17017;\ \frac{P}{K} = 1{,}950.$$

Die Polarisation war bei diesen drei Versuchen offenbar gleich grofs und hatte das Maximum erreicht. Bei dem vierten scheint dieſs noch nicht der Fall gewesen zu seyn. Der daraus abgeleitete Werth von P ist 0,16228; eine Zahl, die übrigens auch schon dem Maximum sehr nahe kommt. Der Polarisationswiderstand sehr dünner Platindrähte in verdünnter Schwefelsäure erreicht, wie man sieht, beinahe die Gröfse der elektromotorischen Kraft von zwei Bunsenschen Paaren. Gleichwohl bewirkten zwei Paare eine anscheinend noch ziemlich lebhafte Gasentwickelung an den Oberflächen der feinen Platindräthe.

5. Die beiden Inductionsströme, welche beim Schliefsen und Oeffnen der Kette durch die Zweigleitung aPb (Fig. 13) laufen, polarisiren die Platindrähte in entgegengesetztem Sinne. Die Polarisation, die nach vollständiger Schliefsung unvermeidlich eintreten mufs, addirt sich folglich als Triebkraft zu der durch Unterbrechung inducirten elektromotorischen Kraft.

Da die Bedeutung dieses Einflusses auf die Gröfse des Extrastroms sich nicht unmittelbar beurtheilen läfst, so war es von Interesse, dieselbe experimentell festzustellen. In dieser Absicht wurde an Stelle der Spirale zwischen a und b (Fig. 13) ein Neusilberdraht von gleichem Leitungswiderstande, ferner bei G in der Nebenschliefsung ein Galvanometer mit einfacher Nadel eingeschaltet. Das Multiplicatorgewinde des letzteren bestand aus 430 Windungen eines 2 Millimeter dicken Kupferdrahts. Es konnte also keinen

sehr hohen Grad der Empfindlichkeit besitzen. Bei *T* im Hauptdraht befand sich, wie früher schon erwähnt worden, eine Tangentenbussole, bei *R* ein Stromregulator. Zwei Bunsen'sche Paare erregten einen Strom, dessen Stärke im Hauptdraht auf 16° gebracht wurde.

Ein Theil dieses Stromes mufste seinen Weg durch die Verzweigung *aPb* nehmen. Gleichwohl zeigte die Nadel des, wie gesagt, nicht sehr empfindlichen Galvanometers keine Ablenkung, weil die Stärke des auf sie einwirkenden Stromtheils wegen der rasch eintretenden Polarisation nicht nachhaltig genug war.

Als hierauf die Räder des Analysators in dem Sinne gedreht wurden, dafs bei jedesmaliger Unterbrechung des Hauptstroms die Leitung *aζbPa* geschlossen blieb, also die in der Zersetzungszelle polarisirten Elektroden sich entladen konnten, um bei fortgesetzter Drehung des Analysators sich immer wieder von Neuem zu polarisiren und gleich darauf zu entladen, so liefs sich weder durch eine einzige Unterbrechung, noch durch eine Folge von Unterbrechungen und Entladungen eine merkliche Einwirkung auf die Nadel hervorbringen. So wie aber der Neusilberdraht zwischen *a* und *b* wieder durch die Drahtspirale mit eingeschobenem Eisenkern ersetzt wurde, genügten 4 Unterbrechungen rasch hintereinander, um die Galvanometernadel im Sinne des Extrastroms bei Oeffnung der Kette um 45° abzulenken. Bei umgekehrter Drehung des Analysators, d. h. bei Ausschliefsung des Unterbrechungsstroms, wurde die Nadel nach der andern Seite, obwohl nicht mit derselben Kraft als vorher, getrieben.

Aus diesen Erfahrungen geht hervor, dafs die Polarisation der feinen Platindrähte in der Zersetzungszelle die beobachteten Ablenkungen der Galvanometernadel weder eingeleitet, noch dafs sie irgend einen mefsbaren Beitrag dazu geliefert haben konnte.

6. Die Polarisation hindert die freie Bewegung der Elektricität durch die Flüssigkeit der Zersetzungszelle, übernimmt aber eben dadurch innerhalb bestimmter Gränzen

die Rolle eines Ventils, welches die Strömung durch die Zweigleitung aPb von dem Augenblicke an abschliefst, da dieselbe in der Zweigleitung $a\zeta b$ ihre volle Stärke erreicht hat und ungehindert fortdauert.

Es ist vorher bemerkt worden, dafs, ohne Mitwirkung der Induction, bei Anwendung von zwei Kohlen-Zinkpaaren, eine Stärke von 16° des Hauptstroms nicht genügte, um in der Nebenschliefsung eine sichtbare Einwirkung auf das Galvanometer G hervorzubringen. Dasselbe Verhalten zeigte sich aber auch noch bei beträchtlich stärkeren Strömen und konnte, unter dauernder Schliefsung der Kette, selbst bei Anwendung von drei und vier Bunsen'schen Paaren erzielt werden, theils durch Regulirung der Stärke des Hauptstroms, theils durch Abänderungen im Leitungswiderstande der Zweigleitung $a\zeta b$ (Fig. 13), Taf. V.

Es seien K und P die beiden Kräfte, von welchen die Bewegung der Elektricität in dem leitenden System (Fig. 13) abhängig ist, und die Richtung von P (der Polarisation) sey derjenigen von K entgegengesetzt. Bezeichnen wir ferner mit r, l und l' die Widerstände in den Abtheilungen aKb, $a\zeta b$ und aPb der Leitung, so ergiebt sich als Folgerung aus dem Ohm'schen Gesetze, dafs die elektrische Strömung in der Zweigleitung l', in welcher sich die Zersetzungszelle befindet und die Polarisation ihren Sitz hat, durch die Gleichung:

$$q = \frac{Kl - P(l+r)}{lr + l'r + ll'}$$

ausgedrückt werden kann.

Die Stromstärke q wird Null unter der Bedingung

$$\frac{K}{P} = \frac{l+r}{l}$$

D. h. hat man das Verhältnifs $\frac{l+r}{l}$ so gewählt, dafs es dem Quotienten der elektromotorischen Kraft durch den Widerstand der Polarisation wenigstens gleichkommt, wo nicht denselben übertrifft, so wird derjenige Theil des Hauptstroms, welcher im ersten Augenblicke durch die

Zweigleitung zu fliefsen trachtet, nämlich der Theil: $\frac{Kl}{lr+l'r+ll'}$, sich durch Polarisirung der Platinelektroden den Weg alsbald selbst absperren. Genauer ausgedrückt: es wird, nachdem die Bewegung der Elektricität durch die Zweigleitung $a\zeta b$ gleichförmig geworden ist, durch die andere Verzweigung aPb gerade nur so viel noch fliefsen können, als erforderlich ist, die einmal vorhandene Polarisation unverändert zu erhalten. Diese Menge ist aber wegen der äufserst geringen Oberfläche der Elektroden nicht beträchtlich genug, um von einem nicht sehr empfindlichen Galvanometer mit einfacher Nadel angezeigt werden zu können. So wird es also möglich, die Induction des electrischen Stroms auf die Masse seines eignen Leiters, wenn nicht unabhängig von einem störenden Einflusse des Hauptstroms, aber doch in ganz unzweideutiger Weise sichtbar zu machen, und zwar die Induction sowohl bei Schliefsung, wie diejenige bei Oeffnung der Kette.

7. *Elektrolytische Wirkungen der beiden Extraströme.* Mit Hülfe eines einfachen Stromunterbrechers, z. B. eines Blitzrades oder eines Neeff'schen Hammers, läfst sich zwar eine reichliche Wasserzersetzung erzielen; die gewonnenen Resultate sind jedoch in der Regel nicht vergleichbar, weil beide Inductionen stets abwechselnd und in entgegengesetztem Sinne ihren Einfluſs auf die Zersetzungsflüssigkeit ausüben. Der Gebrauch des Analysators erlaubt, die zersetzende Kraft beider Inductionsströme getrennt zu studiren; da man es je nach der Richtung der Drehung ganz in der Hand hat, den einen dieser Ströme mit vollständigem Ausschlusse des anderen in Cirkulation zu setzen.

Um die unter verschiedenen Umständen eintretenden Wirkungen genauer vergleichen zu können, wurden die ausgeschiedenen Gase in den früher beschriebenen engen Meſsröhren aufgefangen. Da jedoch die während eines Versuchs gesammelten Mengen immer nur gering waren, so liefs man sie während einer Reihe von Beobachtungen

in den getheilten Röhren sich ansammeln. Man gewinnt dadurch neben einer besseren Controlle den Vortheil, dafs eine hier sehr in Betracht kommende Fehlerquelle, nämlich die Auflöslichkeit des Gase, bedeutend vermindert wurde.

Die Räder des Analysators wurden zuerst so eingestellt, dafs bei gleichförmig fortgesetzter Drehung, immer in gleichem Sinne, nur die Schliefsungs-Induction ihre electrolytische Wirksamkeit geltend machen konnte, während der Oeffnungsstrom an den Unterbrechungsstellen als Funke überging.

Die Mengen des gesammelten Sauerstoffs (*O*) und Wasserstoffs (*H*) sind nach dem direkten Ergebnisse der Ablesungen in der folgenden Tabelle zusammengestellt, deren zweite mit *n* überschriebene Spalte die Anzahl Umdrehungen des Analysators von einer Ablesung zur andern angiebt. Die Temperatur hielt sich während der ganzen Versuchszeit um 15° C.; der Barometerstand auf 0° reducirt war 744^{mm}. Der Höhenunterschied des inneren und äufseren Wasserspiegels betrug nach der ersten Ablesung 172,4^{mm}, nach der letzten Ablesung 150^{mm}. Die Pressungen dieser flüssigen Säulen (Schwefelsäure von 1,14 spec. Gew.) kommen denjenigen von 14,5^{mm} und beziehungsweise 12,5^{mm} Quecksilber gleich.

Den Strom lieferten zwei Kohlen-Zinkpaare. Seine Stärke betrug anfangs 45°, erhielt sich aber nicht bei dieser Gröfse und zeigte sich überhaupt nicht beständig genug, um eine eigentliche Messung zu erlauben.

Tafel I.

Nummer des Versuchs.	*n*	O	H	Wasserstoffmenge für 400 Umdreh.
1	600	4	8	5,33
2	400	6,2	12,5	4,50
3	600	6,7	13,8	0,87
4	300	8,2	16,8	4,00
5	400	8,3	17,2	0,40

Aus der Vergleichung der in der dritten und vierten Spalte enthaltenen Zahlen ergiebt sich, dafs die Zersetzung

immer nach derselben Richtung vor sich gegangen seyn mufste, dafs also die electrolytische Wirkung des Oeffnungsstroms scharf ausgeschlossen war.

Bei den beiden ersten Versuchen war die Höhlung der Inductionsrolle mit Eisenstiften gefüllt, bei dem dritten waren diese Stifte herausgenommen und bei dem vierten wieder eingeschoben worden. Endlich wurde die Inductionsrolle ganz entfernt und durch einen Neusilberdraht von gleichem Leitungswiderstande (von 1,5^{mm} Dicke und 4,25 Meter Länge) ersetzt. Die Wasserstoffmengen, welche unter diesen verschiedenen Verhältnissen auf je 400 Umdrehungen ausgeschieden worden waren, überblickt man in der fünften Spalte. Dieselbe beruht auf der Annahme, dafs die Zersetzungsmenge der Anzahl Umdrehungen proportional blieb. Diese Annahme läfst sich zwar durch die vorliegenden Erfahrungen nicht als gerechtfertigt ansehen. Da jedoch die Richtigkeit derselben durch spätere Versuche dargethan werden wird, so ist einer bequemeren Vergleichung Willen hier schon davon Gebrauch gemacht worden.

Die Versuche 1, 2 und 4, verglichen mit 3, lassen das grofse Uebergewicht der Eisenstifte bei der Schliefsungsinduction erkennen. Dafs aber auch die Drahtrolle ohne Eisenkern eine sehr merkliche Induction bei Schliefsung ausgeübt hatte, zeigt eine Vergleichung des dritten mit dem fünften Versuche. Eine geringe Wasserzersetzung behauptete sich selbst dann noch, als die Rolle durch den Neusilberdraht ersetzt wurde, der in nicht ganz 6 Windungen um eine Walze von Holz herum lief. Diese bei dem fünften Versuche erhaltene Gasmenge darf jedoch nicht vollständig auf Rechnung einer Inductionswirkung gebracht werden, denn in Folge der sehr grofsen Stärke des Hauptstroms sah man auch bei dauernder Schliefsung einzelne Gasbläschen aufsteigen. Sie lieferten binnen 30 Minuten anhaltender Schliefsung 0,3 Volumen Wasserstoff und 0,1 Volum Sauerstoff. Der Einfluſs der Induction zur Verstärkung der Gasentwickelung war indessen nicht zu verkennen, so wie man begann, den Analysator zu drehen.

8. Durch die Unterbrechungs-Induction erhält man eine weit ausgiebigere Wasserzersetzung; auch genügt dazu schon ein einziges Kohlen-Zinkpaar, obschon dasselbe bei direkter Einwirkung an den feinen, glänzenden Platindrähten des Voltameters nicht die geringste Spur von Gas abzuscheiden vermochte.

Die Versuche der folgenden Reihe beziehen sich auf eine Stromstärke von 22°,55 der Tangentenbussole. Die Temperatur blieb fast unverändert die von 16° C; der Barometerstand auf 0° des Quecksilbers reducirt war 746,1^{mm}.

Die Volumangaben der Gase sind die Unterschiede der unmittelbar mit dem Cathemometer-Fernrohr abgelesenen Zahlen. Um dieselben genau auf gleichen Druck reduciren zu können, ist zuvor der jedesmalige Niveau-Unterschied des inneren und äufseren Wasserspiegels, als Quecksilbersäule ausgedrückt, von dem Barometerstande in Abzug zu bringen. Diese kleinen Quecksilbersäulen sind in der Spalte (p^{mm}) enthalten. Da die Dichtigkeit der verdünnten Säure (1,14) bekannt war, so konnten sie aus dem unmittelbar gemessenen Höhenunterschiede leicht berechnet werden. Die Räder des Analysators waren so gestellt, dafs während der Drehung, so oft die Unterbrechungsstelle p geöffnet wurde, q noch eine kurze Zeit geschlossen blieb, so dafs der inducirte Strom in der geschlossenen Leitung $a\zeta bPa$ (Fig. 13, Taf. V) circuliren konnte. An der Unterbrechungsstelle p ging bei dieser Anordnung niemals auch nur der kleinste Funken über. Die ganze Menge der inducirten Elektricität mufste sich also durch die Nebenschliefsung, d. h. durch die Zersetzungszelle, entladen haben. Die Bezeichnungen in der Tabelle haben dieselbe Bedeutung wie vorher.

Tafel II.

Nummer des Versuchs.	p	n	O	H
1	5,87^{mm}	300	2,3	4,7
2	4,19	300	2,2	4,5
3	4,19	600	4,1	8,5
4	3,86	300	0,17	0,3

Vor dem Beginn dieser Versuche befanden sich in dem Wasserstoffrohr bereits 43 Volumtheile *H*, in dem Sauerstoffrohr 21 Volumtheile *O*; beide Gasmengen unter einem Drucke von 746,10 — 7,46 Millimeter Quecksilber. Diese Gase stammten von ähnlichen, vorläufigen Versuchen her, die mit 1 bis 3 Bunsen'schen Paaren ausgeführt worden waren. Aus dem Verhältnifs beider Zahlen, welches mit dem von 2 zu 1 so gut übereinstimmt, als es sich bei der etwas gröfseren Auflöslichkeit des Sauerstoffs irgend erwarten läfst, ersieht man, dafs auch hier andere, dem Extrastrom fremde elektrolytische Einwirkungen vollständig ausgeschlossen waren; dafs insbesondere im Augenblicke der Schliefsung keine Gasentwickelung stattgefunden haben konnte.

Bei dem ersten und zweiten Versuche war die cylindrische Höhlung der Rolle mit Eisenstiften, bei dem dritten mit einem massiven Eisenkern ausgefüllt worden; bei dem vierten hatte man sie leer gelassen.

Die Vergleichung der beiden ersten Versuche lehrt, dafs unter gleichen Nebenumständen die Gasentwickelung der Anzahl Umdrehungen des Analysators proportional war. Die Gasmengen am Schlusse des zweiten und dritten Versuchs stehen unter gleichem Druck. Die anfängliche Wasserstoffmenge von 43 Volumtheilen auf denselben Druck reducirt, wird 42,8. Die Menge des durch No. 1 und No. 2 zusammen gelieferten Gases beträgt hiernach 9,4, während No. 3 füreine gleiche Anzahl Umdrehungen nur 8,5 lieferte. Gleichwohl war das magnetische Moment der Inductionsrolle mit massivem Eisenkerne das stärkere. Dasselbe verhielt sich zu dem Momente bei eingeschobenen Eisenstiften wie 6 zu 5. Da die in beiden Fällen erzeugten Inductionsströme gleichen Widerstand zu überwinden hatten, so folgt, dafs die durch die Stifte inducirte elektromotorische Kraft ungeachtet des geringeren magnetischen Momentes der Stifte im Uebergewichte war.

Der vierte Versuch läfst erkennen, wie rasch die Stärke der Induction sich vermindert, wenn die Mitwirkung des Eisens ausgeschlossen ist.

In der folgenden Versuchsreihe, welche bezweckt, den Einfluſs ungleicher Stromstärken hervortreten zu lassen, blieb die Höhlung der Inductionsrolle stets mit den Eisenstiften gefüllt. Die Temperatur schwankte zwischen 19°,0 und 19°,75. Sie wurde bei Vergleichung der gemessenen Gasvolume als constant angenommen und unberücksichtigt gelassen. Es mag genügen, nur die Voluminderungen im Wasserstoffrohr hier mitzutheilen, welche mit möglichster Genauigkeit auf die schon beschriebene Weise gemessen worden sind. Der Barometerstand auf 0° reducirt, sank von anfangs 748,4^{mm} bis zu 747,6^{mm} bei Beendigung der Messungen. Es wurde 748^{mm} als Mittelwerth genommen.

Hier folgen zunächst die unmittelbaren Ablesungen der Wasserstoff-Volume (100 Abtheil. = 25 CC.), und die darauf mit Rücksicht auf den Höhenunterschied (p^{mm} als Quecksilbersäule) des äuſseren und inneren Flüssigkeitsspiegels abgeleiteten, sämmtlich auf den Druck von 748^{mm} reducirten, also genau vergleichbaren Zahlen.

Tafel III.

H gemessene	H Unterschiede.	p mm	H unter 748^{mm} Druck.		n
16,50		12,6	16,22		
22,10	5,60	11,5	21,76	5,54	200
27,70	5,60	10,5	27,31	5,55	200
31,45	3,75(*)	9,8	31,04	3,73(*)	400
37,00	5,55	8,8	36,56	5,52	300
42,45	5,45	7,8	42,01	5,45	400
45,75	3,30	7,1	45,32	3,31	400
47,75	2,00	6,7	47,32	2,00	600

Beim Beginn der Messungen befanden sich bereits 16,50 Abtheilungen Wasserstoffgas in der Glasglocke, und die Flüssigkeit darin hatte sich möglichst mit diesem Gase gesättigt.

Die Bestimmung der Stärke des inducirenden Stroms geschah, wie bisher, immer mittelst der Tangentenbussole in der Art, daſs von den Ablenkungen rechts und links vom Nullpunkte das Mittel (α) genommen wurde. Auch wurde Sorge getragen, die Stromstärke während der Dauer

eines Versuchs constant zu erhalten, indem man den Analysator von Zeit zu Zeit in Ruhe setzte und die Stellung der Nadel prüfte. Als Elektromotor dienten zwei Kohlen-Zinkpaare. Bei dauernder Schliefsung derselben zeigte sich an den Platindrähten keine Gasentwickelung.

Diese Versuche beziehen sich auf Wirkungen der Unterbrechungsinduction, mit einziger Ausnahme des mit (*) bezeichneten. Bei diesem wurde vergleichungsweise die zersetzende Kraft der Schliefsungsinduction geprüft. Um den ausgeschiedenen Wasserstoff im Rohr H auffangen zu können, hatte man natürlich für diesen Fall die Richtung des Stroms umgekehrt.

Tafel IV.

H bei 400 Umdreh.	α	tng α	H berechnet	$\frac{\zeta}{P}$
11,10	33,25	0,65563	11,10	6,02
3,73(*)	33,25	0'65563		
7,36	25,20	0,47056	7,34	4,32
5,45	20,15	0,36694	5,24	3,37
3,31	15,60	0,27921	3,46	2,56
1,33	10,10	0,17813	1,40	1,64

9. Nach den Beobachtungen Edlunds und Rijke's und auch aus Gründen der Wahrscheinlichkeit soll die Stärke des Extrastroms (eigentlich die Menge der durch Induction in einer und derselben Leitung erzeugten Elektricität) derjenigen des inducirenden Stroms proportional seyn. Bei den vorliegenden Versuchen hat sich dies jedoch nicht gezeigt. Der Grund liegt in den Einflüssen der Polarisation.

Der Extrastrom circulirt in der geschlossenen Leitung $a\zeta bPa$ (Fig. 13, Taf. V). Seine Bewegung wird aufgehalten durch den Widerstand dieser Leitung und zugleich durch den der Polarisation. Nennt man ζ die Gröfse der inducirten elektromotorischen Kraft und t die Zeit ihrer Wirksamkeit, so kann die Menge der im Umlauf gesetzten Elektricität durch die Gleichung

$$q = \frac{(\zeta - P)\, t'}{l}$$

ausgedrückt werden. Die Elektricitätsmenge q ist hier durch das Volum des ausgeschiedenen Wasserstoffs gemessen. Man kann daher $q = H$ setzen.

Der Leitungswiderstand l blieb bei sämmtlichen Wirkungen der Unterbrechungs-Induction unverändert und darf daher als Einheit genommen werden.

Die Stromstärke ist durch $tng\,\alpha$ gemessen. Es darf daher das Product $\zeta t = a\,tng\,\alpha$ gesetzt werden; wo a eine näher zu bestimmende Constante vorstellt. So verwandelt sich der obige Ausdruck in den folgenden:

$$H = a\,tng\,\alpha - Pt.$$

In dieser Gleichung treten die beiden unbekannten a und Pt auf. Indem ich Pt versuchsweise als constant annahm, liefs sich diese Constante zugleich mit α aus der Combination von je zwei Versuchen ableiten. Aus dem Mittel aller dieser Werthe ergab sich:

$$a = 20{,}30$$
$$Pt = 2{,}21$$

Die mit diesen Zahlen berechneten in der vierten Spalte enthaltenen Wasserstoffmengen kommen den Resultaten der Beobachtung nahe genug, um obige Annahme zu rechtfertigen.

Die Wasserstoffentbindung im Zersetzungsapparate, während der Drehung des Analysators, trug durchaus nicht das Gepräge eines Intermittirens; vielmehr zeigte sich um die ganze Oberfläche der feinen Platindrähte eine lebhafte, sehr gleichförmig fortdauernde Gasentwickelung. Die Polarisation mufste daher in allen Fällen ihren Maximalwerth angenommen haben, d. h. eine beständige Gröfse geworden seyn. Folglich mufste bei allen hierher gehörigen Versuchen auch t constant geblieben seyn. Dieſs liefs sich im Voraus erwarten, denn weder das Inductionsverfahren noch die Art der Unterbrechungen hatte im Umfange dieser Versuchsreihe (den mit (*) bezeichneten Versuch natürlich ausgenommen) irgend eine Abänderung erlitten.

Die fünfte Spalte von Tafel IV giebt das Verhältnifs $\frac{a\,tng\,\alpha}{Pt} = \frac{\zeta t}{Pt} = \frac{\zeta}{P}$, d. h. den Quotienten der inducirten Kraft

durch den Widerstand der Polarisation. Die inducirte Kraft übersteigt, wie man sieht, selbst bei der schwächsten der gewählten Stromstärken schon bedeutend die Polarisation. Letztere hatte, wie vorher gezeigt worden, bei allen Versuchen der Reihe ihren gröfsten Werth, d. h. die Kraft von 1,05 constanten Kohlen-Zinkpaaren erreicht. Die inducirte Kraft überstieg demnach bei der geringsten Stromstärke die Kraft von drei und erhob sich bei der gröfsten bis zur Kraft von zwölf Paaren.

Da die Zahlen der dritten und fünften Spalte proportional sind, so ist nunmehr leicht zu sehen, mit welcher Schnelligkeit die inducirte Kraft bei steigender Stromstärke zunimmt, dafs sie z. B. bei einer Stärke des inducirenden Stroms = tng80° bereits die Kraft von 105 Kohlen-Zinkpaaren übersteigen mufs.

Dafs so grofse Kräfte gleichwohl nur geringe Elektricitätsmengen in Bewegung setzen können, erklärt sich aus der Kürze ihrer Wirkungszeit.

10. Die Induction läfst sich einer Arbeit vergleichen, welche ein elektrischer Strom, sey es in einem benachbarten Leiter, sei es in der Masse seines eigenen Leiters erzeugt. Dieselbe Arbeitsgröfse mufs von Neuem hervorgebracht werden, während der inducirte Körper in seinen früheren Zustand zurücktritt. Dieses Arbeitsmaafs kann durch die Zeit, in der die Arbeit in beiden Fällen vollbracht wird, nicht zunehmen, noch sich vermindern; stets mufs der Bedingung

$$\zeta t = \zeta' t'$$

Genüge geschehen; d. h. die Gröfse der elektrischen Ausscheidungskraft (während der Leiter seinen Zustand ändert, oder den früheren wieder annimmt) multiplicirt mit der Wirkungszeit, mufs in beiden Fällen gleich sein. Wenn daher beide Inductionen in demselben geschlossenen Leiter verlaufen, müssen gleiche Elektricitätsmengen in Cirkulation gesetzt werden. Wirklich hat Edlund in der gleich Anfangs erwähnten Arbeit dieses Resultat beobachtet.

Nach den in der vierten Tafel mitgetheilten Zahlen waren durch Oeffnungsinduction bei einer Stromstärke tng 33°,25 und durch 400 Umdrehungen des Analysators 11,10 Volume Gas erhalten wurden. Dieselbe Stromstärke bei einer gleichen Anzahl Umdrehungen hatte durch Schliefsungsinduction nur 3,73 Volume Wasserstoff geliefert. Diese Wirkungen beider Inductionen blieben also sehr weit von der Gleichheit entfernt. Allerdings waren die Leitungswiderstände beider Ströme nicht ganz gleich; denn dem Oeffnungsstrom ist der Weg $a\zeta bPa$ (Fig. 13, Taf. V) vorgeschrieben, derselbe hat also, um die früher (in N. 6) gewählten Bezeichnungen beizubehalten, den Leitungswiderstand $l+l'$ zu überwinden, dagegen bleibt für die Dauer der Schliefsungsinduction die ganze Leitung geschlossen. Während dieser Zeit sind die Kräfte K und ζ' in den Abtheilungen r und l der Leitung einander entgegengesetzt, in der Nebenschliefsung l' haben sie gleiche Richtung. So entstehen zur Bestimmung der Elektricitätsmengen, die sich durch die drei Theile der Leitung bewegen, die folgenden Ausdrücke: Es strömt durch r

$$(1) \qquad q = \frac{K(l+l') - \zeta' l'}{rl + rl' + ll'};$$

durch l geht

$$(2) \qquad q' = \frac{Kl' - \zeta'(r+l')}{rl + rl' + ll'};$$

endlich bewegt sich durch l'

$$(3) \qquad q'' = \frac{Kl + \zeta' r}{rl + rl' + ll'}.$$

Der Werth q' in der zweiten dieser Gleichungen kann einleuchtender Weise nie bis auf Null heruntergehen, und mufs immer positiv bleiben. Daraus folgt:

$$\frac{Kl'}{r+l'} > \zeta'$$

Die Gröfse der inducirten Kraft ζ' kann niemals die Gröfse von K erreichen, wird aber derselben um so näher treten können, je gröfser der Widerstand l' im Vergleich zu r.

Die dritte Gleichung bestimmt die Stärke des durch die Nebenschliefsung laufenden Stroms. Diese Stärke liegt offenbar zwischen den Gränzen

$$q'' = \frac{\zeta(l+r)}{rl+rl'+ll'} \text{ und } q'' = \frac{K(l+r)}{rl+rl'+ll'};$$

sie wird immer gröfser sein, als der erste dieser Ausdrücke, und den zweiten nie erreichen.

Es bedeutet $\frac{rl+rl'+ll'}{r+l}$ den Leitungswiderstand, welchen ein durch l' laufender Strom überhaupt erfährt. Derselbe ist geringer als der Widerstand $l+l'$, den der Unterbrechungsstrom erfährt, fällt aber mit diesem fast zusammen, wenn, wie in unserem Falle, l' gegen r und l gehalten sehr grofs ist. Setzen wir zur Abkürzung und als erste Annäherung

$$\frac{rl+rl'+ll'}{r+l} = l+l',$$

so verwandeln sich die beiden vorerwähnten Gränzwerthe in

$$q'' = \frac{\zeta'}{l+l'} \text{ und } q'' = \frac{K}{l+l'}.$$

Da die Gröfse des durch l' wirklich laufenden Stroms zwischen diesen Gränzen liegen mufs, so sieht man nunmehr leicht, dafs die Menge der, während der Dauer der Schliefsungsinduction durch die Nebenschliefsung bewegten Elektricität unter dem Einflufs der ursprünglichen elektromotorischen Kraft der Kette verstärkt wird, dafs sie folglich mehr betragen müfste, als die Oeffnungsinduction zu liefern vermag. Das diesen Folgerungen gerade entgegengesetzte Resultat der Beobachtung erklärt sich aus der Polarisation der Elektroden. Denn mit Rücksicht auf diesen Widerstand fällt die ganze Menge der durch die Zersetzungszelle strömenden Elektricität zwischen die Gränzen

$$q'' = \frac{(\zeta - P)t'}{l+l'} \text{ und } q'' = \frac{(K-P)t'}{l+l'}.$$

Da nun $\zeta < K$ und um so mehr $\zeta < \zeta$, so mufs $t' > t$ und folglich auch $Pt' > Pt$ seyn. D. h. die Polarisation

benachtheiligt den Schliefsungsstrom in höherem Grade, als den Oeffnungsstrom.

Für den letzteren dieser Extraströme wurde vorher, indem man $l + l' = 1$ setzte, die Gleichung aufgestellt

$$H = \zeta t - Pt = a \operatorname{tng} \alpha - Pt$$

In ähnlicher Weise ergiebt sich für den Schliefsungsstrom die Näherungsgleichung:

$$H' = \zeta' t' - Pt',$$

oder da $\zeta' t' = \zeta t$,

$$H' = a \operatorname{tng} \alpha - Pt'.$$

Ist nun H sowie H' und $a \operatorname{tng} \alpha$ bekannt, so läfst sich mit Hülfe dieser Gleichungen Pt und Pt', und folglich auch das Verhältnifs $\frac{t'}{t}$ ableiten.

Nach Taf. IV war unter dem Einfluls einer Stromstärke tng 33°,25 gefunden worden: $H = 11{,}10$ und $H' = 3{,}73$. Hieraus ergiebt sich $\frac{t'}{t} = \frac{9{,}564}{2{,}21} = 4{,}33$. Das so bestimmte Zeitverhältnifs ist jedoch ein niedrigster Gränzwerth, also zu gering, weil der bei der Berechnung benutzte Werth von H' aus angegebenen Gründen zu grofs gefunden wurde und werden mufste.

Da der Mittelwerth der durch Unterbrechung inducirten elektromotorischen Kraft bei oben erwähnter Stromstärke die Kraft von 12 Bunsen'schen Paaren erreicht hatte, dahingegen das Maximum der durch Schliefsung inducirten Kraft hinter der von 2 Bunsen'schen Paaren zurückgeblieben sein mufste, so leuchtet ein, dafs die Zeit der Induction in diesem Falle wenigstens 6mal so grofs war, als in jenem.

11. Um den Einfluls ungleicher Stromstärken auf die Schliefsungsinduction kennen zu lernen, ist noch die folgende Versuchsreihe ausgeführt worden. Der Apparat blieb derselbe, wie bei der vorhergehenden Reihe. Die Temperatur war 16° C. Die Volumangaben der Gase beziehen sich sämmtlich auf einen Druck von 742mm, 7. Nur die Wasserstoffmengen sind hier mitgetheilt, obgleich zur Controlle stets auch das ausgeschiedene Sauerstoffgas aufgefangen

und gemessen worden ist. Zwei mit noch ungebrauchten Säuren zusammengesetzte Bunsen'sche Paare erzeugten den inducirenden Strom.

Tafel V.

H bei 400 Umdrehungen	α^0	tng α	Pt'
6,00	39,30	0,81849	10,620
4,20	32,55	0,63830	8,761
1,40	24,70	0,45995	7,940
0,67	15,85	0,28391	5,095

Da die Kraft ζ bei keinem dieser Versuche die Gröfse von zwei Kohlenzinkpaaren überschritten haben konnte, so mochte auch der Werth der Polarisation unter dem Maximum geblieben und vielleicht bei den verschiedenen Versuchen nicht ganz gleich seyn. Jedenfalls konnten diese etwaigen Verschiedenheiten nur wenig betragen haben. Wenn demnach die Werthe Pt' der vierten Spalte auch nur als Annäherungen gelten können, so erkennt man doch aus der bedeutenden Abnahme derselben bei abnehmender Stromstärke: *dafs die Zeit, während der die Schliefsungs-Induction sich vollsieht, mit der zunehmenden Stärke des inducirenden Stroms ebenfalls zunimmt.*

Zur Bestimmung von Pt' wurde die Gleichung

$$H' = a \operatorname{tng} \alpha - Pt'$$

benutzt, indem man den Coëfficienten $a = 20{,}30$ aus den Versuchen der IV. Reihe entlehnte. Dieses Verfahren war deshalb zulässig, weil die Zusammensetzung des Schliefsungsbogens der Kette, sowie insbesondere der Widerstand der Leitungen l und l' unverändert geblieben war.

Ablenkung der Galvanometernadel durch die Extraströme bei Unterbrechung und bei Schliefsung.

12. In der Zweigleitung aPb (Fig. 13, Taf. V) konnte, wie wir wissen, ein Galvanometer eingeschaltet werden, dessen einfache Nadel Ströme von so geringer Stärke, dafs sie eine sichtbare Wasserzersetzung in dem Voltameter

nicht hervorbringen konnten, nicht mehr anzeigte. Im Uebrigen hielten die vergleichbar gemachten Ablenkungen der Nadel gleichen Schritt mit der Stärke der Gasentwicklung.

Es wurden nun nach einander drei, zwei und zuletzt nur ein Kohlenzinkpaar in die Kette gebracht und jedesmal mit Hülfe des Stromregulators die Stärke des Hauptstroms auf 12°,1 (der Tangentenbussole) eingestellt. Bei dieser Stromstärke zeigte sich bei dauernd geschlossener Kette keine Wasserzersetzung in der Nebenschliefsung und die Nadel des Galvanometers behauptete ihre natürliche Ruhelage. Die Oeffnungs-Induction hatte, wie man im Voraus erwarten durfte, in den drei Fällen gleiche Wirkung, d. h. acht Unterbrechungen hintereinander, herbeigeführt durch eine Umdrehung des Analysators, gaben nach dem Mittel wohl übereinstimmender Versuche je einen ersten Ausschlag von 37°,2.

Für die Schliefsungsinduction dagegen wurde durch je acht Schliefsungen (natürlich bei Ausschluſs der Unterbrechungsinduction) erhalten:

Zahl der Paare	3	2	1
Ausschlag	19°,4	4°,8	0,0

Also *dieselben Stromstärken induciren im Augenblicke der Schliefsung elektromotorische Kräfte von ungleicher Gröfse, wenn diese gleichen Stromstärken von ungleich kräftigen Elektromotoren abstammen, und zwar wächst die inducirte Kraft mit der Kraft des inducirenden Elektromotors.* Es ist hiernach einleuchtend, daſs auch die Quantitäten der Zersetzung bei genau gleicher Stärke der inducirenden Ströme dennoch ungleich ausfallen müssen, wenn die ursprünglichen elektromotorischen Kräfte nicht gleich waren.

Unter dem Einfluſs von drei Kohlen-Zinkpaaren sind die durch beide Inductionen bewirkten Ablenkungen der Nadel noch für einige andere Stromstärken verglichen worden. Sie waren sämmtlich so gewählt, daſs die Gasentwicklung im Voltameter alsbald erlosch, wenn bei geschlossener Kette keine Induction stattfand.

Tafel VI.

Tangentenbussole.	Galvanometer. Oeffnung;	Schliefsung	Berechnet	
a	ζ	ζ'	ζ	$P't'$
14,65	48°,7	25,0	48°,6′	0,25410
12,10	37°,2	19,4	37°,40′	0,21741
9,05		10,4	25°,51′	0,19607
6,25	15°,0	6,2	15°,25′	0,14305
4,75	10°,5		9°,56′	
4,15	7°,7	2,5	7°,42′	0,10879

Um die Schwingungen der Galvanometernadel zu verlangsamen, war dieselbe durch Auflegen nichtmagnetischer Masse so weit beschwert worden, dafs sie während der kurzen Zeit einer Umdrehung des Analysators, d. h. einer Folge von acht gleichgerichteten Inductionsstöfsen, höchstens um drei oder vier grade vorwärts gehen konnte. Dadurch wurde es möglich, die Stärke der circulirenden Inductionsströme durch den Sinus des halben Ablenkungsbogens auszudrücken. So ist für die Oeffnungsströmung die Gleichung

$$\sin \frac{\zeta}{2} = 1{,}8 \operatorname{tng} \alpha - 0{,}063$$

entstanden, deren Constanten aus den Versuchen abgeleitet worden sind. Die Zahlen der vierten Spalte sind mittelst dieser Gleichung berechnet worden.

Es ist $1{,}8 \operatorname{tng} \alpha = \zeta t = \zeta' t'.$

Daher $\sin \frac{\zeta'}{2} = 1{,}8 \operatorname{tng} \alpha - P't'$

Die Werthe $P't'$ der fünften Spalte sind mit Hülfe dieser Gleichung abgeleitet. Sie zeigen, was sich auch schon aus den Zersetzungsversuchen ergeben hatte: dafs mit der Stärke des inducirenden Stroms bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft die Dauer der Schliefsungsinduction zunimmt.

Die absolute Gröfse der Constanten a und Pt in der Gleichung $q = a \operatorname{tng} \alpha - Pt$, ändert sich mit dem Mefsverfahren, der Beschaffenheit der Instrumente, dem Leitungswiderstande u. s. w., aber ihr Verhältnifs bleibt davon un-

abhängig, so lange die Polarisation sich unverändert erhält. Nach dem Ergebnisse der in Taf. IV mitgetheilten Beobachtungen ist das Verhältnifs $\frac{a}{Pt} = \frac{20,30}{2,21}$, also nahe gleich der Zahl 9. Dagegen führen die Versuche der Taf. VI zu dem Verhältnisse, $\frac{1,800}{0,063}$, welches fast der Zahl 28 entspricht. Hieraus folgt, dafs der Widerstand der Polarisation im zweiten Falle ein viel geringerer war.

Diese Verschiedenheit erklärt sich dadurch, dafs die Elektroden im Augenblicke des Schliefsens der Kette eine Polarisation empfangen, welche derjenigen gerade entgegengesetzt ist, die der Oeffnungsstrom bewirkt. Jene Polarisation mufste also durch den Extrastrom zuerst aufgehoben werden, bevor sich die Platindrähte von Neuem, diesmal im umgekehrten Sinne polarisiren konnten. Die Versuche der Taf. VI sagen nun, dafs diese zweite Wirkung, obgleich sie, entsprechend den getroffenen Anordnungen, im Uebergewichte war, doch mehr als einer einzigen Umdrehung des Analysators bedurft hätte, um ihren gröfsten Werth zu erreichen.

Wirklich zeigte sich eine noch bedeutendere Verminderung der Polarisation, als man sich mit einer halben Umdrehung des Analysators begnügte, und vor dem Beginn der Drehung die Leitung $\alpha\zeta bPa$ einige Minuten hindurch geschlossen hielt, damit den vorher polarisirten Drähten Zeit blieb, ihr elektrisches Gleichgewicht wieder herzustellen.

Um hinlänglich grofse Ausschläge der Galvanometer-Nadel erhalten zu können, wurde es nothwendig, durch Entfernung der Mefsröhren, welche bis dahin über den Elektroden gestanden hatten, den Leitungswiderstand im Innern der Zersetzungszelle zu vermindern. Zwei Bunsen'sche Paare entwickelten den inducirenden Strom.

Tafel VII.

α^0	β^0	$\frac{\sin\frac{\beta}{2}}{\text{tng }\alpha}$	β berechnet	dd
16,55	42,5	1,220	42°1′	— 29°
15,10	36,8	1,170	37°34′	+ 46°
12,60	30,45	1,105	30°10′	— 17°
9,45	20,9	1,090	21°12′	+ 18°
7,90	17,2	1,078	16°54′	— 18°

Den berechneten Werthen von β liegt die Formel

$$\sin\frac{\beta}{2} = 1{,}3355\ \text{tng}\,\alpha - 0{,}0383$$

zu Grunde.

Das Verhältnifs $\frac{a}{Pt}$ ist durch die Zahl 35 ausgedrückt. Auch aus den Zahlen der dritten Spalte erkennt man, dafs die Stärke des Extrastroms der Proportionalität mit derjenigen des inducirenden Stroms sehr nahe gerückt ist. Ich habe Grund zu vermuthen, dafs bei Anwendung kürzerer Elektroden dieſs in noch höherem Grade der Fall gewesen sein würde.

Bei den Versuchen der folgenden Reihe wurde nur die Abänderung getroffen, dafs vor dem Beginn einer jeden einzelnen Beobachtung, bei Ausschlufs des Galvanometergewindes, die Räder des Analysators mehrmals herumgedreht und dadurch die Elektroden im Voraus im Sinne des Extrastroms polarisirt wurden. Hierauf wurde das Multiplicatorgewinde wieder eingeschaltet, und der aus einer halben Umdrehung des Analysators hervorgehende Ausschlag gemessen. Die mitgetheilten Zahlen sind ganz so wie bei den beiden vorhergehenden Reihen die Mittelwerthe aus je vier solcher Bestimmungen.

Die Polarisation zeigte sich viel weniger constant als vorher; doch hatte sie unverkennbar sehr bedeutend zugenommen. Dafs ihr gröfster Werth nicht erreicht wurde, kam wohl nur daher, weil von dem Zeitpunkte der Polarisirung bis zur endlichen Ausführung des Versuchs eine kurze Pause sich nicht vermeiden liefs.

Tafel VIII.

α^0	β^0	$\frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\text{tng } \alpha}$	β, berechnet
24,80	63,0	1,130	63° 56′
10,20	17,6	0,853	17° 33′
7,40	10,2	0,684	5° 50′
15,05	30,75	1,000	31° 28′
19,80	47,6	1,120	46° 18′

Die Ausschläge der Galvanometernadel liefsen sich noch am Besten durch die Formel: $\sin \frac{\beta}{2} = 1{,}3355 \text{ tng} - 0{,}08774$ wiedergeben. Die so gefundenen Zahlen sind in der vierten Spalte enthalten. Das Verhältnifs $\frac{a}{p_l}$ ist hiernach der Zahl 15 entsprechend.

Erglühen dünner Platindrähte.

13. Durch den Extrastrom bei Unterbrechung der Hauptleitung lassen sich dünne Platindrähte ohne Schwierigkeit selbst schon durch ein einziges Bunsen'sches Paar zum Glühen bringen. Nicht so leicht, obwohl in theoretischer Beziehung nicht weniger interessant, ist es, das analoge Phänomen durch die Schliefsungsinduction hervorzurufen. Diese gröfsere Schwierigkeit erklärt sich aus der geringen Gröfse der im Augenblicke der Schliefsung inducirten elektromotorischen Kraft, welche sich, wie wir gesehen haben, niemals bis zu derjenigen der inducirenden Kette erheben kann. Aus diesem Grunde darf der Leitungswiderstand l' der Nebenschliefsung nicht sehr grofs genommen werden, während derselbe doch andererseits den Widerstand l der Inductionsrolle so weit überwiegen mufs, dafs im Augenblicke des Schliefsens eine hinlänglich kräftige Induction zu Stande kommen kann.

Um mittelst der in No. 3 beschriebenen Drahtrolle die Glüherscheinung zu erhalten, fand ich es sehr vortheilhaft in die Nebenschliefsung, anstatt eines grofsen Leitungswiderstandes, aufser dem feinen Platindraht nur noch eine Zan-

setzungszelle mit schmalen, geschwärzten Platinstreifen zu bringen. Bei dieser Anordnung kam ein Platindraht von 15^{mm} Länge bei 0^{mm},083 Dicke, unter der Einwirkung von vier Kohlen-Zinkpaaren und dauernder Schliefsung nicht zum Glühen. So wie aber der Analysator im Sinne der Schliefsungsinduction gedreht wurde, kam er zum hellen Rothglühen. Er erkaltete augenblicklich, wenn man während des Drehens den Bündel Eisenstifte aus der Höhlung der Rolle herauszog. Bei umgekehrter Drehung, d. h. durch eine Folge von Unterbrechungen, unter Einwirkung der Eisenstifte, gelangten 35^{mm} desselben Drahtes bis zur Weifsglühhitze. Nach Entfernung des Eisens konnten 12^{mm} Draht nur bis zum hellen Leuchten gebracht werden. Dieselbe Drahtlänge kam bei dauernder Schliefsung ebenfalls schon dem Erglühen sehr nahe. Die Stromstärke entsprach tng 51°.

Kräftige Elektromagnete mit einem Gewinde von sehr dickem Kupferdraht eignen sich im Allgemeinen am besten zur Hervorbringung des Glühphänomens, weil dann die Nebenschliefsung durch Einschaltung eines dünnen Platindrahtes allein schon hinreichenden Widerstand bietet, um bei dauernder Schliefsung nicht mehr als einen kleinen Bruchtheil der durch die Hauptleitung cirkulirenden Elektricitätsmenge durchlassen zu können.

Mit Hülfe eines Elektromagnets in Hufeisenform, dessen 8 Centimeter dicker Eisenkern mit 240 Windungen von 25^{mm} Querschnitt umgeben war, konnte ein Platindraht von 25^{mm} Länge und 0^{mm},11 dick unter den Einfluſs von 4 Bunsen'schen Paaren, durch eine Folge von Schliefsungen hellroth, durch eine Folge von Unterbrechungen weifsglühend gemacht werden. Bei unterbrochener Cirkulation des Stromes wurde der Draht zwar heifs, aber nicht glühend.

14. Als Beleg für das Auftreten der Schliefsungsinduction in der leitenden Masse eines elektrischen Stromes ist auch das folgende Verfahren sehr belehrend, indem es die Bedeutung dieser Induction als elektromotorische Gegenkraft unmittelbar erkennen läfst.

Man denke sich die beiden Zweige aPb und $a\zeta b$ des bisher gespaltenen Theils der Leitung (Fig. 18, Taf. V) so aneinander gereihet, dafs beide nunmehr Abtheilungen desselben Hauptstammes bilden, also bei geschlossener Kette von derselben Elektricitätsmenge durchdrungen werden müssen. Ist dem so zusammengesetzten Schliefsungsbogen befinden sich demnach zwei Unterbrechungsstellen p und q von gleichem Range, von welchen jede allein genügt, den Strom vollständig aufzuhalten. Beide Uebergänge müssen also gleichzeitig überbrückt seyn, so lange als die Elektricität in Bewegung bleiben soll. So wird es möglich durch geeignete Einstellung der Räder des Analysators die Dauer der Cirkulation während der Drehung beliebig abzukürzen.

Man bringe in die Abtheilung aPb des Schliefsungsbogens einen dünnen Platindraht von mäfsiger Länge, nehme den Bündel Eisenstifte aus der Höhlung der Inductionsrolle und beginne bei sonst geschlossener Kette den Analysator zu drehen. Je nach der Dauer der einzelnen Schliefsungen, der Stärke der Kette und dem Durchmesser des Platindrahtes, wird sich bald eine Länge[1]) des letzteren ausfindig machen lassen, welche sich bei anhaltender Drehung zum Glühen erhitzt. Wenn man alsdann den Eisenkern in die Höhlung der Rolle[2]) einschiebt, erlöscht die Glühhitze, um bei Herausziehen des Eisens augenblicklich wieder zu erscheinen.

So lange der Platindraht glüht, zeigen sich an den Unterbrechungsstellen nur schwache Funken; diese werden aber alsbald kräftiger schmetternd, so wie in Folge des Einschiebens der Eisenstifte der Draht sich abgekühlt hat. Der verstärkte Funkenübergang erklärt sich leicht aus dem Auftreten des Extrastromes beim Oeffnen der Kette. Dafs nun dieser Strom die Wirkung der Schliefsungsinduction auf den Platindraht nicht wieder aufheben, das Erkalten desselben nicht hindern konnte, beweist dafs er während seines

1) Zwölf Millimeter eines Drahtes von $0^{mm},11$ Dicke wurden durch 4 Paare nahe dem Weifsglühen gebracht, wenn während $\frac{1}{4}$ des Zeitraums von einer Unterbrechung zur andern, die Kette geschlossen blieb.

2) Ich benutzte die in No. 3 beschriebene Spirale.

Verlaufes mit viel gröfseren Hindernissen als der Schliefsungsstrom zu kämpfen hatte, nämlich mit dem durch die Unterbrechung selbst herbeigeführten Leitungswiderstande.

Der Funkenübergang an den Unterbrechungsstellen und die Bewegung des Extrastromes nach dieser Seite, liefs sich durch die Anbringung einer Nebenschliefsung von grofsem Leitungswiderstande, beginnend am einen Ende der Inductionsrolle, und am andern Ende in den Hauptdraht wieder zurücktretend, sehr leicht ablenken. Wenn man dann in diese Seitenschliefsung ebenfalls ein kurzes Stück dünnen Platindrahtes einschaltete, so zeigte sich das überraschende, wenn auch leicht erklärbare Phänomen, dafs, während der eine Draht durch Einschieben des Eisens in die Rolle erkaltete, der andere glühend wurde und umgekehrt.

Ein ganz analoges Verhalten bietet die elektrische Zersetzung, wenn man in die Hauptleitung ein Voltameter mit Platinplatten, in die Nebenschliefsung eine einfache Zersetzungszelle mit feinen Platindrähten einschaltet. War die Höhlung der Inductionsrolle leer, oder besser noch, hatte man diese Rolle durch einen gleich grofsen Leitungswiderstand in Neusilberdraht ersetzt, so sah man während der Drehung des Analysators an beiden Platten des Voltameters einen lebhaft vor sich gehenden Zersetzungsprocefs, an den Drähten dagegen nur eine spärliche oder gar keine Gasentwicklung. So wie aber die Rolle mit Eisenkern wieder eintrat, nahm die Wasserzersetzung im Voltameter sehr auffallend ab und an den Drähten in der Nebenschliefsung wurde sie lebhaft.

Nervenreiz durch Schliefsungsinduction.

15. Wenn galvanische Ketten zur Hervorbringung von Nervenerregungen benutzt werden sollen, wählt man gewöhnlich solche Anordnungen, bei welchen die Wirkungen der Schliefsungs- und Oeffnungs-Induction in regelmäfsiger Folge gegen den zu reizenden Organismus gerichtet werden. Der Einfluss der ersteren entgeht dabei vollständig der Beobachtung und wird überhaupt als verhältnifsmäfsig geringfügig unberücksichtigt gelassen. Da beide

Einflüsse vermittelst des Analysators sehr leicht sich trennen lassen, so schien es nicht ohne Interesse die physiologische Wirkung des Schliefsungs-Extrastroms einer gesonderten Prüfung zu unterwerfen.

Es bedurfte zu diesem Zweck nur einer sehr kleinen Abänderung des Apparates (Fig. 13 Taf. V). Nämlich die Verbindung bei *P* wurde unterbrochen, und die beiden Handhaben *H* und *H'* aus Neusilber wurden mit den Händen gefafst. Es ist einleuchtend, dafs bei dieser Einrichtung, je nachdem man den Analysator nach der einen oder nach der andern Seite drehte, immer nur die Wirkungen des Schliefsens oder nur diejenigen des Oeffnens der Kette, auf den zwischen den Handhaben befindlichen Körper sich äufsern konnten.

Durch eine Reihe von Unterbrechungen erhielt man nur die bekannten, mit der Stromstärke an Heftigkeit zunehmenden Zuckungen. Um ähnliche Wirkungen durch eine Reihe von Schliefsungen herbeizuführen, bedurfte es einer sehr starken galvanischen Kette. Gleichwohl liefs sich die physiologische Wirkung schon eines einzigen galvanischen Paares oder weniger Paare sehr deutlich erkennen, wenn die eine Handhabe mit befeuchteter Hand umschlossen, die andere isolirt an die Lippen gebracht wurde. Man empfand dann zugleich mit den intermittirenden Schlägen einen eigenthümlichen Lichtreiz. Bemerkenswerth ist es jedoch, dafs nach Ausschliefsung der Inductionsrolle, so dafs der Körper nunmehr einen unmittelbaren Bestandtheil der Hauptleitung bildete, während der Drehung des Analysators dieselbe Empfindung, nur noch in verstärktem Grade erregt wurde. Es geht hieraus deutlich hervor, dafs dieser Nervenreiz nicht sowohl eine Folge der Schliefsungsinduction, als vielmehr der Intermittenz in der Strombewegung war. In der That kann man mit einer gröfseren aus 8 bis 12 Paaren bestehenden Kette, durch eine Folge von Schliefsungen, ganz ohne Beihülfe einer Drahtrolle sehr fühlbare Zuckungen hervorbringen.

Gieſsen am 10. Februar 1867.

II. *Ueber negative Fluorescenz und Phosphorescenz; von C. Bohn.*

I. Bekanntlich ist die Erscheinung der Fluorescenz an einer grofsen Zahl von Substanzen beobachtet und von vielen Physikern beschrieben worden. Es ist bis jetzt nicht dem von Hrn. Stokes aufgestellten Gesetze[1]) widersprochen worden, wonach die Brechbarkeit des erregten Fluorescenzlichtes nie gröfser sey, als die des erregenden Lichtes. Der Vorgang bei der bisher bekannten Fluorescenz wird allgemein angesehen als eine Umwandlung von Strahlen gröfserer Brechbarkeit in solche geringerer Brechbarkeit. Dieser Auffassung gemäfs hoffte Hr. E. Becquerel die Umwandlung rother Lichtstrahlen in weniger brechbare Wärmestrahlen durch den Versuch nachweisen zu können[2]), es ist ihm aber der Nachweis nicht geglückt. Hr. Emsmann hat 1859 die Meinung ausgesprochen[3]) es liefsen sich vielleicht Erscheinungen von Strahlenumwandlungen auffinden, bei welchen nicht eine Verringerung, sondern eine Vergröfserung der Brechbarkeit eintrete. Er hat vorgeschlagen die schon länger bekannte Brechbarkeitsminderung als *positive Fluorescenz* zu bezeichnen, hingegen *negative Fluorescenz* die von ihm für möglich oder wahrscheinlich erachtete Brechbarkeitserhöhung zu nennen. Im Jahre 1861 schienen ihm[4]) gewisse bekannte Thatsachen (Farbenänderungen durch Temperaturerhöhung) für das Vorhandenseyn dieser negativen Fluorescenz zu sprechen und neuerdings sagt er[5]), es sey durch diese Erscheinung der thatsächliche Nachweis jener Strahlenumwand-

1) On *the change of refrangibility of light* §. 80. *Phil. Transact.* 1852 und a. andern O.
2) *Ann. d. chim. phys.* [3] *LV*, 5.
3) Physik. Lexikon v. Marbach, 2. Aufl. von Cornelius VI, 1081.
4) Pogg. Ann. CXIV, 651.
5) Pogg. Ann. CXXIX, 352.

lung geliefert worden. In neuerer Zeit ist das Bestreben hervorgetreten die Umwandlung von Wärmestrahlen in Lichtstrahlen im Sinne der negativen Fluorescenz experimentell nachzuweisen. Hr. Akin[1]) und Hr. Tyndall[2]) glauben Erscheinungen dieser Art aufgefunden und namhaft gemacht zu haben. Sie sind in einen lebhaften Streit gerathen, sind uneinig über die Frage wem von ihnen Beiden die Priorität der Entdeckung gebühre, sind uneinig über den Namen, welchen die Erscheinung führen soll, (Calcescenz nach Akin, Calorescenz nach Tyndall) und nur darin einig, dafs sie die von ihnen beabsichtigten oder wirklich hervorgerufenen Glühphänomene angesehen wissen wollen als Erscheinungen derselben Art wie die (positive) Fluorescenz, nämlich als Strahlenumwandlungen (*Ray-transmutation*). Ich habe über die letztgenannten Arbeiten im Giefsener Jahresberichte referirt[3]) und den Zusatz gemacht, dafs eine Umwandlung von Strahlen niederer Brechbarkeit in solche höherer Brechbarkeit auf viel einfacherer Weise erzielt werden könne, als es von den Hrn. Akin und Tyndall geschehen ist. Ich berichtete, dafs ich Flufsspath an dünnen Fäden frei in der Luft der Kochröhre eines gewöhnlichen Stubenofens aufgehängt habe, so, dafs das Mineral von den dunklen (wenig brechbaren) Wärmestrahlen getroffen wurde, welche die mäfsig erhitzten Ofenwände aussendeten und dafs unter diesen Umständen der Flufsspath nach 1 bis 2 Minuten leuchtete, also stärker brechbare Strahlen ausschickte. Ich erwähnte, dafs wenn der Krystall nicht *frei* in der Luft, sondern in einem Glasröhrchen innerhalb des Heizraumes aufgehängt war, er erst nach beiläufig 14 bis 18 Minuten erglühte. Da das Glas bekanntlich

1) *The Reader* 26. *Sept.* 1863; *Phil. Mag.* [4] *XXVIII*, 554; *XXIX*, 28 u. 136.

2) *Phil. Mag.* [4] *XXVIII*, 329; *N. Arch. ph. nat. XXII*, 41; Pogg. Ann. CXXIV, 36; *Phil. Mag.* [4] *XXIX*, 44; *Lond. R. Soc. Proc. XIV*, 33; *Phil. Mag.* [4], *XXIX*, 218; *N. Arch. ph. nat. XXII*, 133; *Lond. R. Soc. Proc. XIV*, 476; *Phil. Mag.* [4] *XXIX*, 241; *Phil. Transact. LXX*, 1.

3) Jahresber. über die Fortschr. d. Chemie usw. 1865, S. 89.

die dunklen Wärmestrahlen sehr stark absorbirt, so erklärte ich das Leuchten in diesem Falle durch die Berührung des Minerals mit den Wänden der heifsgewordenen Glasröhre hervorgebracht. Ich habe nicht verfehlt gelegentlich jener Mittheilung anzuführen, dafs die von mir beobachtete Erscheinung, sowie die von Hrn. Tyndall im Brennpunkte unsichtbarer Wärmestrahlen hervorgebrachten Glühphänomene und das Glühen eines Platindrahtes oder Kalkstückchens in der, fast ausschliefslich dunkle Wärmestrahlen aussendenden Flamme des Wasserstoffgases, sich von der eigentlichen Fluorescenz nicht unwesentlich unterscheide, indem diese in demselben Augenblicke beginne, in welchem die erregenden Lichtstrahlen den fluorescirenden Körper treffen, hingegen jene Erscheinungen erst merklich später einträten, nämlich erst dann, wenn der Körper sehr heifs geworden sey. Ich habe ferner hervorgehoben, dafs die Fluorescenz ungeändert fortwähre, so lange die Bestrahlung andauere, dafs hingegen die Phosphorescenz des Flufsspathes während der ungeänderten Bestrahlung durch die Wärme bald an Stärke abnähme und schliefslich ganz aufhöre.

Ich vermuthete damals die Phosphorescenz des Flufsspathes würde in einem von Steinsalzplatten umgebenen Raume merklich eben so bald eintreten, als wenn der Flufsspath, wie in dem einen meiner Versuche, nur durch Luft von den strahlenden Ofenwänden geschieden sey, da das Steinsalz die Wärmestrahlen nicht erheblich stärker absorbirt, als es die Luft thut. Diese Vermuthung habe ich schon im März 1866, allerdings nur brieflich, ausgesprochen und habe einen bekannten Physiker, der Steinsalzplatten zu seiner Verfügung hat, eingeladen meine Vermuthung durch den Versuch zu prüfen. Meines Wissens ist dieſs nicht geschehen. Unterdessen habe ich mir einen geeigneten Behälter aus Steinsalz zu verschaffen gewufst und habe die Versuche selbst angestellt. Ich bin dadurch zur Ueberzeugung gekommen, dafs das Phosphoresciren des Flufsspathes durchaus nicht als negative Fluorescenz im Sinne

der Emsmann'schen Bezeichnung, nicht als eine direkte Umwandlung von Strahlen niederer Brechbarkeit in solche höherer Brechbarkeit anzusehen ist und dafs auch die von den Hrn. Akin und Tyndall hervorgerufenen und besprochenen Erscheinungen, so wenig als die von Hrn. Emsmann angeführten Thatsachen eine unmittelbare Brechbarkeitserhöhung der Strahlen beweisen[1]). Meine Ansicht hat sich dahin festgestellt, dafs in den eben erwähnten Fällen die Aussendung stark brechbarer Strahlen einfach durch die Temperaturerhöhung veranlafst wird, welche die verschiedenen Körper erlitten haben und dafs es ganz gleichgültig ist, ob die Erwärmung durch dunkle oder durch leuchtende Wärmestrahlen, ob sie durch Leitung oder irgend wie anders bewerkstelligt wurde. So viel mir bekannt ist, giebt es überhaupt keine von der Temperatur abhängige Erscheinung, bei welcher die Art der Temperaturerhöhung, die Abstammung und specielle Natur der dieselbe bewirkenden Wärme von erkennbarem Einflusse sey.

Im Nachstehenden will ich das Wesentliche meiner Versuche mittheilen und die oben ausgesprochene Meinung zu begründen versuchen, dafs bis heute eine negative Fluorescenz, wie sie zuerst von Hrn. Emsmann als möglich angesehen wurde, noch nicht nachgewiesen sey.

2. Wie bei meinen ersten Versuchen, habe ich in den Kochraum eines Stubenofens Flufsspath gebracht, so dafs derselbe nicht in leitender Verbindung mit dem Ofen war und von fünf nicht bis zum Glühen erhitzten, mit Graphit überzogenen eisernen Wandflächen, die vorwiegend oder ausschliefslich dunkle Wärme aussendeten, bestrahlt wurde. Zuweilen wurde die durchbrochene Thüre des Raumes geschlossen, so dafs also eine sechste heifse Wand dem Krystalle Wärme zustrahlte.

Zunächst zeigte sich, dafs ungleich grofse Stücke desselben Krystalls ungleich lange Zeit in dem Heizraume auf-

1) Hinsichtlich der Meinung von Hrn. Emsmann ist auf die von Hrn. Hagenbach im Berliner Bericht über die Fortschr. d. Phys. 1861, S. 270 gemachte Anmerkung zu verweisen.

gehängt seyn mufsten, bis sie zu leuchten begannen. Die grofsen Stücke erglühten immer später als die kleinen. Ein Stück von 7 bis 8 Cubikcentimeter kam nicht zum Leuchten, selbst nachdem es über eine halbe Stunde frei in der Ofenröhre gehangen hatte, während seine Trümmer unter denselben Umständen sehr bald erglühten.

Würden, ähnlich wie bei der Fluorescenz, die Strahlen umgewandelt, so müfsten die Stücke derselben Substanz nach gleich langer Einwirkung der Strahlen zu erglühen beginnen. Die Fluorescenz ist ein Vorgang, der wesentlich an der Oberfläche der Körper stattfindet und in den eben erwähnten Versuchen wurden gleich grofse Oberflächen von gleich vielen, gleich intensiven Strahlen getroffen. Hängt die Erscheinung des Phosphorescirens nur von der Temperatur ab, so wird die Verspätung des Glühens der gröfseren Stücke sehr begreiflich, sie erwärmen sich viel langsamer, sowohl ihrer ganzen Masse nach, als an ihrer Oberfläche.

3. Bei meinen weiteren Versuchen brachte ich drei annähernd gleich grofse und gleich geformte Stücke desselben Flufsspathkrystalles in den Heizraum. Das eine Stück schwebte an dünnem Faden frei in der Luft, das zweite hing frei in einem aus Steinsalzplatten zusammengestellten Behälter, das dritte Stück in einem ähnlichen, von Glasplatten umgebenem Raume. Das »Salzkästchen« und das »Glaskästchen« waren je aus fünf gleich dicken, planparallelen Platten geformt und bildeten dreiseitige Prismen mit quadratischen, weit vorstehenden Grundflächen. Die drei vertikal stehenden Platten waren auf der unteren Grundplatte aufgekittet. Quer über ihnen lag oben ein Stück einer Stricknadel, von welcher mittelst eines dünnen Baumwollfadens das Krystallstück herabhing, so dafs es die Wände des Behälters nicht berührte. Die obere Grundplatte war lose aufgelegt. An den vertikalen Seitenplatten waren oben und unten kleine Oeffnungen angebracht, so dafs die Luft durch das Kästchen hindurch ziehen konnte, — die weit vorstehende horizontale Grundfläche machte

es aber unmöglich, dafs ein von den Ofenwänden ausgehender Wärmestrahl in das Innere zu dem Krystall gelangen konnte, ohne durch die feste Substanz des Behälters gegangen zu seyn. Die Kästchen standen auf niederen Dreifüfsen aus dünnem Eisendraht und das erste Flufsspathstückchen hing an einem Baumwollfaden von einem kleinen, aus Eisendraht gebogenen Ständer so weit herab, dafs es in der gleichen Horizontalebene mit den zwei im Kästchen befindlichen Krystallstückchen war. Zuerst wurde das Glaskästchen mit seinem Inhalte in den Heizraum gebracht, dann sogleich das Salzkästchen und zuletzt der frei in der Luft schwebende Flufsspath. Ich wählte solche Stellen im Heizraume, für welche die Bestrahlungsverhältnisse usw. möglichst wenig Verschiedenheit zeigten, und da eine solche doch immer unvermeidlich war, so wurden in den verschiedenen Versuchen die Plätze der einzelnen Apparate gegen einander vertauscht. Auch die einzelnen Krystallstücke wurden vertauscht, so dafs jenes, das eben im Salzkästchen war, dann in das Glaskästchen kam, oder in die freie Luft und umgekehrt. Beim Einsetzen des ersten Apparates wurde auf der Uhr die Zeit gemerkt und abgezählt um wieviel Sekunden die folgenden Apparate später an ihre Stelle kamen. Nach vollbrachtem Einsetzen wurde alles Licht im Zimmer gelöscht und im ganz finsteren Raume nun aufmerksam das erste Beginnen des Leuchtens abgewartet. Nach einer schlagenden Sekundenuhr konnte die Zeit bemessen werden, die seit dem Einsetzen bis zum Leuchten der einzelnen Stücke verflossen war. Die Flufsspathstücke, welche noch zu späteren Versuchen dienen sollten, liefs ich nie länger als höchstens 2 Minuten phosphoresciren; ich bemühte mich meistens sie möglichst bald, nachdem das Glühen unzweideutig wahrgenommen war, aus dem Heizraume zu entfernen.

4. Hatten die Krystalle, sowie die Kästchen vor dem Einsetzen in den Heizraum die Temperatur des Zimmers von beiläufig 18°, so erglühte erst das frei aufgehängte Stück, dann merklich später das Stück im Salzkästchen, endlich

viel später als dieses das Stück im Glaskästchen. So begann z. B. in einem Versuche, bei welchem der Ofen ziemlich warm war, das Phosphoresciren

des frei aufgehängten Krystalls nach 70 Secunden
des Krystalls im Salzkästchen » 170 »
des Krystalls im Glaskästchen » 330 »

In verschiedenen Versuchen fand ich weder die absoluten Zeiten bis zum Beginnen des Phosphorescirens der verschiedenen Stücke gleich, noch auch das Verhältnifs dieser Zeiten. Stets aber leuchtete das frei aufgehängte Stück zuerst, nach doppelter bis dreifacher Zeit begann das Stück im Salzkästchen zu leuchten und das Stück im Glaskästchen leuchtete stets zuletzt. Beide Kästchen wurden jedesmal sehr heifs, so dafs ich mir beim raschen Herausnehmen derselben aus der Ofenröhre, trotz dicker Lederhandschuhe, gewöhnlich die Finger empfindlich verbrannte und mehrmals der Geruch nach versengtem Leder bemerklich wurde.

5. Zu dem frei aufgehängten Stück Flufsspath und zu dem im Salzkästchen gelangen in gleicher Zeit sehr nahezu gleich viele, gleich intensive Wärmestrahlen. Zwar findet durch Reflexion an den Flächen der Salzplatten und durch Absorption ein kleiner Verlust statt (8 Procent nach gewöhnlicher Annahme auf Grund der Melloni'schen Versuche), allein andererseits erhitzt sich das Steinsalz und strahlt wieder aus gröfserer Nähe nach dem Krystalle, so dafs der Verlust wohl ausgeglichen werden wird. Das Salz erwärmt sich, da es ja sehr wenig oder fast gar nicht absobirt, hauptsächlich durch die Berührung mit der heifsen Luft. Wegen dieser Erwärmung könnte man versucht sein zu glauben, es kämen dem Krystalle im Salzkästchen noch *mehr* Wärmestrahlen zu, als dem frei aufgehängten. Man hat aber zu bedenken, dafs das Ausstrahlungsvermögen des Steinsalzes äufserst gering ist, da sein Absorptionsvermögen so sehr unbedeutend ist. Wäre diese Phosphorescenz wirklich als negative Fluorescenz anzusehen, so müfste also das Leuchten des Flufsspathes im Salzkästchen und

des frei in der Luft hängenden fast genau gleichzeitig beginnen. Dem widersprechen aber alle meine Wahrnehmungen in der zweifellosesten Weise. — Zu dem Krystalle im Glaskästchen gelangen fast gar keine Wärmestrahlen direkt von den Ofenwänden, da das Glas die hier in Rede stehende Gattung von Wärmestrahlen fast vollständig absorbirt. Jedoch erhitzt sich das Glas, theils durch die Absorption, theils durch die Berührung mit der heifsen Luft und die Glastafeln strahlen nun selbst gegen den Krystall. Die Intensität der vom Glase ausgehenden Strahlung kann niemals gleich werden jener von den Ofenwänden, da das Emissionsvermögen des Glases viel geringer ist, als jenes des Graphits, mit welchem die Ofenwände überzogen sind, und die Temperatur des Glases sehr merklich hinter jener des Ofens selbst zurückbleibt. Das Maximum dieser Temperatur und damit das Maximum der Strahlung des Glases wird gewifs nicht sehr rasch erreicht, und aus später mitzutheilenden Beobachtungen darf geschlossen werden, dafs nach $5\frac{1}{2}$ Minuten (nach welcher Zeit im oben mitgetheilten Versuche die Phosphorescenz begann, während im andern Falle sie auch noch früher erfolgte) dieses Maximum noch nicht eingetreten sei. Allerdings findet die Strahlung des Glases aus gröfserer Nähe statt, als jene der Ofenwände. Es dürfte nicht möglich sein, dermalen ein sicheres Urtheil zu gewinnen über die quantitativen Verhältnisse der Strahlung gegen den Krystall im Glaskästchen und gegen den frei aufgehängten. Defshalb mag es vorsichtiger seyn, die Verzögerung des Phosphorescirens im Glaskästchen nicht als einen Beweis gegen die direkte Strahlenumwandlung anzuführen, — aber diese Verzögerung spricht doch auch nicht *für* die Strahlenumwandlung. Es mag noch erwähnt werden, dafs, wenn das Feuer im Ofen so schwach gehalten wurde, dafs die Phosphorescenz in der freien Luft und im Salzkästchen nur schwierig und spät eintrat, eine solche im Glaskästchen, selbst wenn dieses einen günstigeren Platz im Heizraume einnahm, nicht mehr erfolgte.

6. Die Temperaturerhöhung der Flufsspathkrystalle

wird hervorgebracht: durch Absorption der unmittelbar von den Ofenwänden her kommenden Wärmestrahlen[1]), durch Berührung mit der beständig sich erneuernden heifsen Luft mittelst Leitung und endlich bei den in den Kästchen hängenden Stücken, auch noch durch Absorption der von den Wänden des Behälters ausgestrahlten Wärme. In den Kästchen kann die Luft, da sie nur durch einige kleine Oeffnungen ein- und austritt, nicht so leicht und rasch wechseln, als rings um den frei aufgehängten Krystall. Die Erwärmung durch Leitung mufs also langsamer bei den Krystallen im Kästchen vor sich gehen, als bei dem frei aufgehängten Flufsspath. Hingegen ist für diesen und für den im Salzkästchen hängenden die Erwärmung durch Absorption der Strahlen sehr nahezu gleich rasch. Wird das Leuchten *nur* durch die Temperaturerhöhung bewirkt, ohne dafs die Bestrahlung unmittelbar von Einfluſs darauf ist, so erklärt sich aus der langsameren Erwärmung des Krystalls im Salzkästchen, warum er später phosphorescirt als das frei aufgehängte Stück. — Die Erwärmung durch Berührung mit der heifsen Luft geht für die gleich grofsen Stücke in den gleich grofsen und gleich geformten Kästchen gleich schnell, aber die Erwärmung durch Absorption tritt für das Stück im Salzkästchen rascher ein, als für jenes im Glaskästchen, da die Wände dieses sich erst allmählig erwärmen und strahlen, während durch die Salzplatten hindurch die Strahlen der Ofenwände sogleich zum Minerale gelangen. Es ist also, nach meiner Erklärungsweise des Phänomens, die Verspätung des Leuchtens im Glaskästchen eine nothwendige und vorauszusehende.

7. Während bei den unter 4. mitgetheilten Versuchen der Flufsspath und die Kästchen kalt in den Heizraum eingesetzt wurden, ordnete ich nun die Versuche so an, dafs Flufsspath und Kästchen bereits heifs waren, ehe sie in den Heizraum gebracht wurden, um die Phosphorescenz hervorzubringen. Hatte ein Stück des Minerals zu leuchten

1) Nach Melloni's Versuchen absorbirt eine Flufsspathplatte etwa 60 Proc. der dunklen Wärmestrahlen.

begonnen, so setzte ich es mit seinem Behälter *auf* den Ofen, wo es zwar noch warm blieb, wo sein Leuchten aber nach kurzer Zeit erlosch. Bei diesen neuen Versuchen kamen die Stücke weit eher zum Leuchten, als wenn sie kalt eingesetzt wurden. Wichtiger aber ist die Wahrnehmung, dafs die Stücke im Glaskästchen und im Salzkästchen fast gleichzeitig, häufig genau gleichzeitig erglänzten, ja in einem Falle leuchtete das Stück im Glaskästchen früher als jenes im Salzkästchen. Durch das vorläufige Erwärmen waren also die früher bemerkten Verzögerungen beseitigt worden.

8. Sind die Krystalle und die Wände der Kästchen schon heifs, schon fast so heifs, als sie nach Herstellung des Temperaturgleichgewichtes in der Heizröhre werden können, so wird die weitere Temperaturerhöhung weit weniger durch Absorption der Wärmestrahlen bewirkt, als durch Berührung mit der heifsen Luft. Es sind nun die Bedingungen der weiteren Erwärmung gleich günstig für die Krystalle im Salzkästchen und im Glaskästchen. Daher steht die Beobachtung, dafs dann in beiden Kästchen das Leuchten ungefähr gleichzeitig beginnt, im Einklange mit meiner Erklärungsweise. Fände, nach der entgegenstehenden Ansicht, eine direkte Strahlenumwandlung statt, so müfste der Flufsspath im Salzkästchen stets den Vorsprung in der Zeit des Erglühens haben, da diesem die Wärmestrahlen von den Ofenwänden zukommen, während sie von dem Stücke im Glaskästchen abgehalten bleiben.

9. Ein Stück leicht phosphorescirenden Flufsspaths wurde kalt in das kalte Salzkästchen gebracht und dann in den Heizraum gestellt. Nach 2 Minuten leuchtete das Mineral. Das kalte Glaskästchen wurde nun in die Ofenröhre gesetzt und der leuchtende Flufsspath aus dem Salzkästchen heraus und in das Glaskästchen gehängt. Das Glühen hörte fast sogleich auf und begann erst wieder nach 10 Minuten. Nun brachte ich den noch leuchtenden Krystall in das unterdefs abgekühlte Salzkästchen, worin er erlosch, um nach $2\frac{3}{4}$ Minuten abermals sein Leuchten zu beginnen.

10. Wären die Strahlen die direkte Veranlassung des Glühens, so wäre nicht einzusehen, warum das Leuchten aufhört, wenn man das noch leuchtende Stück aus dem Glaskästchen in das Salzkästchen bringt, da ja dort die Wärmestrahlen nur leichteren Zugang haben. Ist hingegen die Temperaturerhöhung die Veranlassung des Glühens, so ist der beobachtete Erfolg des Versetzens der Krystalle vorauszusehen. Das heifse Mineral kühlt sich durch Strahlung gegen die kalten Wände des Kästchens ab, mögen diese aus Steinsalz oder aus Glas gebildet seyn und erst allmählig, nachdem diese Wände heifs geworden sind, steigt wieder die Temperatur des Flufsspathes und damit beginnt wieder das Leuchten. Dafs das Phosphoresciren des Krystalls im Glaskästchen 10 Minuten lang unterbrochen war, beweist, wie langsam die inneren Seiten der Glastafeln die höhere Temperatur erreichen. Wenn auch bei den in 4. beschriebenen Versuchen die Temperatur des Ofens höher gewesen seyn mag, als bei den in 9. beschriebenen, so ist doch die Zulässigkeit der in 6. ausgesprochenen Behauptung erwiesen, wonach das Maximum der Temperatur und also der Ausstrahlung der Glasplatten nach $5\frac{1}{2}$ Minuten noch nicht eingetreten sey.

11. Ich brachte ein bereits leuchtendes Stück Flufsspath aus dem einen Kästchen in das andere, welches bereits heifs war und in der Ofenröhre stand. Es trat meist keine Unterbrechung des Phosphorescirens ein, nur einigemale eine Minderung des Glanzes. Es war hinsichtlich des Erfolges ganz gleichgültig, ob ich aus dem Salzkästchen in das Glaskästchen wechselte, oder umgekehrt. — Auch diese Beobachtung spricht sehr deutlich für die Annahme, dafs nur die Temperatur das Leuchten bedinge und keine direkte Strahlenumwandlung statthabe, denn sonst müfste das Leuchten jedesmal im Salzkästchen lebhafter geworden seyn, da in den Raum desselben die Wärmestrahlen so leicht dringen und im Glaskästchen müfste die Intensität des phosphorischen Lichtes jedesmal abgenommen haben, da in dessen Raum die Strahlen von den geschwärzten

Ofenplatten nicht gelangen können, die eigenen Wärmestrahlen der Glastafeln aber, wie früher ausgeführt, keinen genügenden Ersatz geben dürften.

12. Bringt man im Finstern ein Stück Flufsspath durch Erwärmen zum Leuchten, sey es, dafs man es direkt auf eine heifse leitende Platte legt, sey es, dafs man dasselbe in der schlecht leitenden, heifsen Luft hängend, der Einwirkung von Wärmestrahlen aussetzt, so nimmt die Helligkeit seiner Lichtaussendung einige Zeit *zu*, dann *ab*, und nach einer längeren Dauer verschwindet auch der letzte Schimmer, wenn gleichwohl die äufseren Umstände unverändert geblieben sind. Ist die Erhitzung des Minerals *sehr* grofs gewesen, so hat dasselbe die Eigenschaft zu phosphoresciren eingebüfst; neue Erwärmung bringt es nicht wieder zum Leuchten. Doch soll die Fähigkeit zum Phosphoresciren durch Befeuchten mit flufssaurem Wasser oder durch elektrische Schläge wiederherstellbar seyn.[1]) Ist die Erhitzung nicht über eine gewisse Gränze gestiegen, so wird durch neue Erwärmung, vielleicht aber etwas weniger leicht, das Leuchten wieder hervorgerufen. Einige Physiker behaupten nun, das Leuchten durch Erwärmen könne nur nach vorhergegangener Bestrahlung durch Licht hervorgerufen werden, Andere glauben, dafs eine solche vorgängige Insolation nicht nothwendig sey. Herr Fiebig hat diese einander widersprechenden Ansichten kurz zusammengestellt[2]) und ist durch eigene Versuche mit einem grüngefärbten Flufsspath zum Schlusse gekommen, dafs Phosphorescenz durch blofses Erwärmen, ohne vorhergegangene Bestrahlung, nicht erregt werden könne. Da in meinen in 9. und 11. mitgetheilten Versuchen dasselbe Stück Flufsspath wiederholt in Phosphorescenz kam, ohne durch Licht bestrahlt worden zu seyn, so fand ich mich veranlafst, durch einige besondere Versuche mich näher über die Frage zu belehren, ob Phosphorescenz durch Erwärmen ohne vorhergegangene Bestrahlung möglich sey.

1) Nach Placidus Heinrich, Gehlers Phys. Wörterbuch. VI, 246; Becquerel, *Traité d'Electricité*. I, 421, nach Pearsall.

2) Pogg. Ann. CXIV, 292.

13. In einer dunklen Nacht habe ich ein und dasselbe Stückchen Flufsspath 40 Mal hintereinander durch Auflegen auf eine mäfsig heifse Ofenplatte zum Leuchten gebracht und zwar das 40. Mal ebenso leicht und glänzend, als das erste Mal. Eine Bestrahlung durch Licht fand durchaus nicht statt; ich safs die ganze Nacht im Dunkeln. Jedesmal, sobald der Lichtschimmer recht deutlich geworden war, entfernte ich das Stück von der heifsen Ofenplatte und liefs es, vor einem neuen Versuche, in einer kleinen Blechschüssel auf die Temperatur meiner Hand abkühlen. Es leuchtete in der kalten Blechschüssel durchschnittlich noch fast eine Minute lang weiter und es schien mir, als steigere sich die Helligkeit zuweilen noch im ersten Theile dieser Zeit in der kühlen Blechschüssel.

14. Von demselben Krystalle, von welchem das eben erwähnte Stück stammte, waren noch zwei andere Trümmer abgeschlagen, ein gröfseres von $1\frac{1}{2}$ Cub.-Cent. und ein kleineres. Diese kamen gleichfalls zu schönem Leuchten, ich liefs sie aber so lange auf der Ofenplatte, bis sie freiwillig erloschen, was nach 40 bis 45 Minuten geschah. Der Ofen war nahezu beständig gleich warm geblieben, und als diese Stücke erloschen waren, kam das vorerwähnte beim Einlegen nach 1 Minute etwa in's Glühen. Ich liefs die Stücke nun abkühlen. Der Ofen war vorher mäfsig heifs gewesen; ein feiner Baumwollfaden, der um das kleinere Stück geschlungen war, zeigte sich, als ich ihn am anderen Tage untersuchte, nicht gebräunt und sonst ganz unverletzt. Ich mäfsigte nun die Temperatur des Ofens noch weiter und legte die zwei Flufsspathstücke wieder ein, gleichzeitig mit dem unter 13. erwähnten. Letzteres leuchtete nach 100 Sekunden, das kleinere von den zwei vorher freiwillig erloschenen nach 160 Sekunden (ungefähr, denn ich zählte nur die Pulsschläge), das gröfsere Stück aber phosphorescirte selbst nach 25 Minuten nicht. Zu dieser Zeit war das kleinere, nach ziemlich lebhaftem Leuchten, wieder freiwillig erloschen. Ich nahm es heraus und liefs es abkühlen. Während dessen wurde das Feuer verstärkt, so dafs ein

jetzt eingebrachter Baumwollfaden, der um eine Stricknadel gewunden war, geschwärzt wurde, aber seinen Zusammenhang bewahrte. Alsbald leuchtete das grofse Stück, und zwar ganz prachtvoll, mehr als eine Stunde lang. Es war durchaus nicht von Licht bestrahlt worden, so wenig wie das kleine, denn dieses hatte ich durch Tasten mit der Zange, unterstützt vom schwachen Schimmer einer Cigarre herausgeholt. Auch das kleine Stück, welches nun wieder kalt eingebracht worden war, erglühte bald, — dieses also zum dritten Male; nach zweimaligem freiwilligen Erlöschen und ohne vorhergegangene Bestrahlung durch Licht. Beim Versuche, das erloschene grofse Stück mit der Zange herauszunehmen, entglitt es mir und alsbald waren drei sehr hell und lange anhaltend leuchtende Pünktchen bemerkbar. Es waren kleine Trümmer, die durch das leise Aufschlagen des der Zange entfallenen Stücks abgelöst waren. Ich konnte diese leuchtenden Punkte mit der Zange bewegen, eines blieb später an dieser hängen. Diese zufällige Wahrnehmung lehrt also, dafs zwar das Stück als Ganzes erloschen war, aber seine Theilchen noch fortleuchten konnten. Ob für dieses Fortleuchten die Erneuerung der Oberfläche wesentlich war, oder die Verringerung der Masse, weifs ich nicht. — Die abgekühlten Stücke wurden nach einer Pause von einer Viertelstunde wieder auf die etwas weniger heifse Ofenplatte gebracht. Das grofse Stück erglänzte bald, das kleine aber kam in dieser Weise nicht mehr zum Leuchten. Mein Brennmaterial war zu Ende und ich konnte mir so bald kein anderes verschaffen, sonst hätte ich gerne die Temperatur noch etwas gesteigert. Als der Tag im Osten graute, war das grofse Stück bis auf einen, selbst meinem sehr empfindlich gewordenen Auge kaum bemerkbaren Schimmer erloschen, das kleine Stück leuchtete nicht, das in 13. erwähnte wurde nach 1 Minute zum 40. Male leuchtend. Ich verschlofs nun die Stücke im Dunkeln bis zur nächsten Nacht. — Das grofse, bereits dreimal freiwillig erloschene und nicht wieder von Licht bestrahlte Stück erglänzte gleichzeitig mit dem schon

40. Male phosphorescirt habenden und mit einem ganz frisch vom grofsen Krystall abgeschlagenen, den ganzen Tag über dem Lichte ausgesetzt gewesenen Stücke. Das Leuchten war brillant und währte beiläufig 2 Stunden. Das kleine Stückchen kam aber, selbst als ich die Temperatur ziemlich steigerte, nicht mehr zum Phosphoresciren. Das grofse wurde nach einem 4. und nach einem 5. freiwilligen Erlöschen, ohne vorhergegangene Bestrahlung, leicht wieder hellleuchtend und zwar hielt die Phosphorescenz jedes spätere Mal länger an, — allerdings mufste die Temperatur etwas gesteigert werden. Das sechstmalige Phosphoresciren erreichte kein freiwilliges Ende, trotzdem, dafs ich mehr als 3 Stunden darauf wartete. Das kleine Stück liefs ich nun von dem Lichte einer Stearinkerze bestrahlen und brachte es dann auf die Ofenplatte, — es kam aber nicht zum Leuchten. Dann setzte ich es, während es kalt war, ½ Stunde lang dem Lichte einer Petroleumlampe aus, welches bekanntlich nicht sehr arm an den brechbarsten Strahlen ist, allein auch diese Bestrahlung verlieh nicht die Fähigkeit wieder zu phosphoresciren. Ebensowenig Erfolg hatte die Bestrahlung durch das Licht von brennendem Magnesiumdraht, das sehr reich an den brechbarsten Strahlen ist. Endlich setzte ich das kleine Stück einen ganzen Tag lang dem diffusen Lichte und den (spärlichen) direkten Sonnenstrahlen aus und wiederholte in der folgenden Nacht den Versuch, es zum Phosphoresciren zu bringen. Es phosphorescirte wiederum nicht, während das grofse Stück, das nicht bestrahlt worden war, mit Leichtigkeit wieder glühte. Nachdem das kleine Stück weitere 2 Tage im Lichte gelegen hatte, untersuchte ich es nochmals. Auf einer Platte, deren Hitze ich allmählig sehr bedeutend steigerte, gerieth es endlich wieder zum Leuchten, aber ganz schwach und nur kurze Zeit anhaltend. Die Fähigkeit zu Phosphoresciren war also wieder, wenn auch in geringem Maafse hergestellt, — allein sicher nicht durch die Insolation, sondern in Folge der langen Ruhe. Das nicht bestrahlte gröfsere Stück leuchtete auf minder heifser Platte viel stärker

und so lange, als meine Geduld im Abwarten reichte. Jenes Stück, das in der ersten Nacht 40 Mal zum Phosphoresciren gekommen war, stets bald nach dem Erglänzen von der heifsen Platte entfernt wurde und sorgfältig vor allem Licht bewahrt blieb, habe ich in der zweiten Nacht noch einige Dutzend Mal und in der dritten wiederum einige Male durch Erwärmen leuchten gemacht. Ich konnte nicht wahrnehmen, dafs seine Bereitwilligkeit zu leuchten im Geringsten vermindert worden sey. Das kleine Stück war offenbar einmal *zu heifs* geworden und hatte defshalb seine Leuchtfähigkeit eingebüfst. Es zeigte sich übrigens äufserlich unverändert, hatte namentlich seine gelbe Färbung beibehalten. Nach diesen Beobachtungen mufs ich wohl schliefsen, dafs der gelbe Flufsspath durch Erwärmen *allein* phosphoresciren kann, ohne dafs eine vorgängige Bestrahlung durch Licht erforderlich sey. Zu demselben Schlusse führen Untersuchungen, welche von Grotthufs an einem röthlich-violetten Flufsspath von Nertschinsk (Pyrosmaragd oder Chlorophan) vorgenommen hat. Er fand, dafs dieses Mineral nach Monate langem Verweilen im Dunkeln durch sehr mäfsige Erwärmung in den leuchtenden Zustand versetzt werden konnte. Er hat ein Stück, nach vorausgegangener Insolation, im Dunkeln aufbewahrt und zuweilen bei Nacht untersucht. In der 36. Nacht nach dem Bestrahlen wurde durch Erwärmen auf 40° R. ein Lichtschimmer hervorgerufen. In den früheren Nächten brauchte die Temperatur nicht einmal so hoch zu werden, — die Handwärme war ausreichend. Sonderbarerweise schliefst von Grotthufs:[1]) »dafs der Chorophan und so auch andere Leuchtsteine nie anders, als in Folge früherer Bestrahlung, leuchtend werden, oder mit anderen Worten, dafs sich aus ihnen bei der Phosphorescenz nur dasjenige Licht wieder entwickele, was sie irgend einmal bei früherer Bestrahlung aufgenommen, ihrer ponderabeln Materie incorporirt haben.« Ich sollte meinen, da kein Ersatz durch

1) Gehler's Phys. Wörterbuch. VI, 252, aus Schweigger's Journ. XIV, 154 u. VI, 172.

neue Bestrahlung des Chlorophans stattfand, so hätte in den 36 Nächten der Vorrath an »aufgenommenem Lichte« doch erschöpft werden müssen, was jedoch nicht der Fall war, da das Leuchten immer noch eintrat. Bei meinen Versuchen leuchtete das gröfsere Stück zusammen genommen etwa 10 Stunden lang, ohne von Neuem bestrahlt worden zu sein, — meist mit einem sehr hellen Lichte. — Diese lang fortgesetzte, grofse Lichtausgabe würde selbst einen sehr bedeutenden Vorrath erschöpfen und doch konnte ich keine Verminderung der Fähigkeit bemerken, höchstens war nach kürzerer Zeit der Ruhe die zur Einleitung des Leuchtens erforderliche Temperatur etwas in die Höhe gerückt, während nach längerem Ausruhen selbst diese Aenderung nicht mehr bemerkbar war, sondern das Stück gleichzeitig mit einem frisch abgeschlagenen, erst kurz zuvor bestrahlten zum Leuchten kam.

Die von mir in den Kästchen aufgehängten Flufsspathstücke habe ich nie so stark erhitzt, dafs eine Aenderung ihrer Eigenschaft eingetreten ist und ebensowenig liefs ich sie so lange leuchten, dafs sie unter constant bleibenden Bedingungen freiwillig erlöschen konnten.

15. Der benutzte Ofen hat zwei etagenartig übereinander gelegene Kochröhren. Die Bodenplatte der obern steht 31 Centim. von jener der unteren ab und ebensoweit liegt die oberste Platte des ganzen Ofens noch über der Bodenplatte des obersten Kochraumes. Letzterer war bei den unter 2., 4., 7., 9. und 11. beschriebenen Versuchen als Heizraum benutzt worden und meist war das Feuer so geleitet worden, dafs die Bodenplatte der untern, nicht benutzten Kochröhre schwach erglühte. In der Absicht, der obersten Platte des Ofens ungefähr jene Temperatur zu geben, welche früher die Bodenplatte des Raumes besafs, in welchem die Flufsspathstücke mit ihren Kästchen gebracht worden waren, verstärkte ich nun das Feuer derart, dafs die Bodenplatte des oberen Kochraumes schwach erglühte. Ich stellte dann die Krystalle mit ihren Kästchen und denselben Dreifüfsen *auf* den Ofen. Dort geriethen

sie *nicht* in's Leuchten, selbst dann nicht, als ich das Feuer noch mehr verstärkte. Nur ein einziges Mineral, ein weifser Flufsspath mit schwarzbraunen Flecken, der nicht den reinen Glasglanz, sondern mehr Fettglanz zeigte und von allen durch mich erprobten am leichtesten phosphorescirte, leichter noch als ein Chlorophan der Giefsener academischen Mineraliensammlung, mit welchem ich früher experimentirt hatte, nur dieses eine Stück leuchtete auch *auf* dem Ofen, frei in der Luft hängend (nicht im Kästchen); es war aber nöthig, dasselbe bis auf $\frac{1}{4}$ Zoll der heifsen Ofenplatte zu nähern. — Waren die Krystalle durch hinreichendes Verweilen in der Ofenröhre, wo sie von fünf Seiten bestrahlt wurden, zum Leuchten gekommen, und wurden dann erst *auf* den Ofen gesetzt, so leuchteten sie dort noch eine Weile, bis zu $2\frac{1}{2}$ Minuten, fort.

16. Bei diesen Versuchen war die Bestrahlung der nach unten gekehrten Seite der Krystalle gerade so wie in der Kochröhre, jedoch waren dort auch die anderen Seiten des Flufsspaths stark bestrahlt. Wäre das Phosphoresciren eine direkte Strahlenumwandlung und wollte man etwa noch annehmen, die Bestrahlung müsse eine gewisse Intensität erreichen, damit die Erscheinung bemerklich werde, so müfsten die Krystalle, bei der eben beschriebenen Anordnung, wenigstens an ihrer Unterseite leuchten. Da dieſs nicht der Fall war, so sprechen diese Erscheinungen *gegen* die Analogie von Phosphorescenz und Fluorescenz. — Ist hingegen die Temperaturerhöhung die einzige Veranlassung des Leuchtens, so wird man ein solches *auf* dem Ofen nicht erwarten, da hier die Krystalle weitaus nicht so heifs werden können, als im Innern der Kochröhren. Denn in der Stellung *auf* dem Ofen strahlen die Krystalle nach allen Seiten, aufser gerade nach unten, gegen relativ kalte Wände, geben also an diesen Seiten mehr Wärme aus, als sie empfangen. Ferner stehen sie in dem ungehindert aufsteigenden Luftstrome, der nicht die gleich hohe Temperatur annimmt, als die mehr abgesperrte Luft der Ofenröhre. — Die Wahrnehmung, dafs die be-

reits zum Leuchten hinlänglich heifsen Stücke auf dem Ofen, wo sie sich doch nur langsam abkühlen konnten, noch eine kurze Zeit fortleuchteten, während doch sehr viel weniger Wärmestrahlen auf sie treffen, ist ganz im Einklange mit meiner Auffassung der Erscheinung dieser Phosphorescenz.

17. In die Ofenröhre wurde auf einem Dreifufse eine dünne rostige eiserne Schaale gestellt und auf einem anderen Dreifufs ebendort ein blank geputztes Bügeleisen. Nachdem diese Körper über eine Stunde in dem geheizten Raume gestanden hatten, also das Temperaturgleichgewicht eingetreten war, warf ich kleine Flufsspathstückchen in die Schaale und auf das Bügeleisen und beschirmte sie durch einen übergehaltenen Pappdeckel vor den Wärmestrahlen der Ofenwände. Der Flufsspath auf dem Bügeleisen kam nach 1—1½ Minuten zum Leuchten, die Stückchen in der Schaale aber noch nicht nach 5 Minuten, wo ich den Versuch unterbrechen mufste. Durch diese Anordnung wollte ich unmittelbar sehen, ob der Flufsspath bei der Temperatur, welche die Körper im Innern der Ofenröhre, ohne merkliche leitende Verbindung mit den heifsen Ofenwänden erreichen können, zu phosphoresciren vermag, ohne dafs die directen Wärmestrahlen auf ihn einwirken. Der Versuch mit dem Bügeleisen bejaht diese Frage, der mit der eisernen Schaale verneint sie nur scheinbar. Denn das blanke Bügeleisen von grofser Masse hat, hauptsächlich durch Berührung mit der heifsen Luft, eine höhere Temperatur angenommen, als die kleine Schaale mit grofser Oberfläche, die des rauhen Rostüberzuges wegen stark ausstrahlte. Erhöhte ich die Temperatur der Schaale etwas, dadurch, dafs ich sie auch nur kurze Zeit direkt auf die heifse Ofenplatte stellte, so kamen auch alsbald die darin liegenden Flufsspathstückchen zum Leuchten.

18. Grofse Stücke Flufsspath wurden durch unmittelbares Auflegen auf die heifse Ofenplatte in sehr lebhaftes Phosphoresciren gebracht. Nimmt man sie weg, so leuchten sie auf einer beliebigen kalten Unterlage noch eine

kürzere oder längere Zeit fort, so lange, — meiner Meinung nach — bis ihre Temperatur unter eine gewisse Gränze gesunken ist. Wirft man die glänzend leuchtenden Stücke in kaltes Wasser, so erlischt das Leuchten augenblicklich.

19. Nach Herrn Emsmann[1]) soll der Unterschied zwischen Phosphorescenz und Fluorescenz analag seyn dem Unterschiede zwischen dem magnetischen Verhalten des Stahls und jenem des Eisens. Die Lichtstrahlen sollen eine Einwirkung auf die Anordnung der Atome äufsern und diese Einwirkung soll sich bis zur chemischen Aktion steigern können. Dieser Gedanke rührt von Draper her. Die durch die Bestrahlung unter den Atomen eingeleitete Bewegung soll Aether- und Molekulschwingungen veranlassen und das Leuchten eine Folge dieser seyn. Die Körper sollen mit einer gewissen *Coërcitivkraft* ausgestattet seyn, welche die Atome in ihrer jedesmaligen, den Umständen entsprechenden Anordnungen zu erhalten sucht. Bei den phosphorescirenden Körpern soll diese Coërcitivkraft stark, bei den fluorescirenden gering seyn. Es erkläre sich hiernach, dafs das Phosphoresciren erst nach längerer Einwirkung der erregenden Strahlen eintrete, dafür aber auch noch fortdauere, wenn die erregende Einwirkung aufhört. — Der unter 18. mitgetheilte, wahrscheinlich schon längst von Anderen angestellte Versuch widerspricht der Annahme einer solchen Coërcitivkraft. Gegen die Ansicht des Herrn Emsmann zeugt auch die Thatsache, dafs bei gleichbleibenden äufseren Verhältnissen die Intensität des Phosphorescirens abnimmt und endlich Null wird; dafs dann erst nach einer gewissen Ruhe ein neues Phosphoresciren erregt werden kann. Dafs das Leuchten überhaupt ohne Mitwirkung von Bestrahlung eingeleitet werden kann, ist auch der wörtlich genommenen Ansicht des Herrn Emsmann entgegenstehend, — doch könnte diese leicht so geändert werden, um dieser Thatsache gerecht zu werden. Allein der Umstand, dafs manche Körper,

1) Pogg. Ann. CXIV, 654.

wie eben Flufsspath, fluorescirend *und* phosphorescirend sind, also nach der Theorie eine schwache Coërcitivkraft und zugleich eine starke Coërcitivkraft haben müfsten, hat eine Unzulässigkeit zur Folge.

20. Es mögen noch einige Phosphorescenzerscheinungen angeführt werden, bei denen eine Coërcitivkraft nicht wahrzunehmen ist. Streicht man mit einem Flufsspathe, ohne stark zu drücken, über eine heifse Platte, so entsteht sofort ein leuchtender Streifen, der nach einiger Zeit wieder verschwindet, ganz ähnlich, wie wenn eine minder heifse Platte mit Phosphor bestrichen wird. Auch Kreidestriche zeigen, wenn sie über eine heifse Platte geführt werden, ein phosphorisches Leuchten, wie Herr Napier zuerst mitgetheilt hat.[1]) Läfst man auf eine heifse Platte ein Stück Flufsspath, selbst aus ganz geringer Höhe, fallen, so blitzt sofort ein Licht auf, das aber meistens sehr rasch wieder verschwindet, namentlich wenn die Platte eine etwas höhere Temperatur besitzt. Offenbar werden bei dem Streichen oder Auffallen des Flufsspathes ganz kleine Theilchen losgebrochen, die ihrer Kleinheit wegen rasch die zum Leuchten erforderliche Temperatur annehmen. Hierher gehört auch eine sehr schöne Erscheinung, die ich öfter zu bemerken Gelegenheit hatte. Wird kalter Flufsspath in die heifse Ofenröhre gebracht, frei darin aufgehängt oder auf die Platte gelegt, so fahren nicht selten sehr bald nach dem Einbringen prachtvoll leuchtende Punkte wie Blitze von dem Krystalle aus und verschwinden gewöhnlich sehr rasch wieder. Es ist dieſs eine Decrepitation; kleine Theilchen reifsen sich los und verhalten sich dann wie die durch Reiben oder durch Stofs abgelösten. Wirft man gröbliches Flufsspathpulver auf die heifse Ofenplatte, so wird die Decrepitation sehr lebhaft, man vernimmt deutlich ein Knistern und feine Splitter werden lebhaft leuchtend umher geschleudert.

21. Je mehr ich mich mit der Phosphorescenz des Flufsspaths beschäftige, desto mehr will sich mir die Vorstellung

1) Phil. Mag. [4] I, 432.

aufdrängen, als fände an der Oberfläche ein chemischer Vorgang statt, vielleicht eine Verbrennung, die ähnlich wie die langsame Oxydation des Phosphors von einer Lichtentwickelung begleitet sey. Das allmählige Erlöschen würde man sich dann als Aufnutzung des Brennmaterials zu denken haben und in der zur Wiederherstellung des Leuchtvermögens nöthigen Ruhezeit könnte bei niederer Temperatur eine neue Ansammlung von Brennmaterial an der Oberfläche stattfinden, möge dieses aus der Luft an der Oberfläche condensirt werden, oder aus der Flufsspathmasse selbst gezogen werden. Ich will hiermit jedoch nicht mehr als eine Möglichkeit oder Vermuthung aussprechen.

22. Nach dem Vorstehenden glaube ich hingegen vollkommen berechtigt zu seyn, die Analogie zwischen Phosphorescenz und Fluorescenz zu verneinen. Ist aber einmal der Gedanke aufgegeben oder widerlegt, dafs die Phosphorescenz des Flufsspathes eine direkte Umwandlung von Strahlen einer Gattung in solche einer andern Brechbarkeit sey, so können auch die von den Herren Akin und Tyndall hervorgebrachten Glüherscheinungen durchaus nicht als von derselben Art mit der Fluorescenz angesehen werden. —

Platindraht glüht nicht nur im Kohlenfeuer, nicht nur durch galvanischen Strom, nicht nur in der Flamme der Weingeistlampe, — auch in der Wasserstoffflamme. Ebenso Kalk. Metalle glühen und schmelzen, Papier verbrennt, wenn eine gewisse Temperatur erreicht ist, mag die zur Temperaturerhöhung nothwendige Wärme irgend woher rühren.

Das ist, meiner Ansicht nach, die Bedeutung der Akin'schen und der Tyndall'schen Versuche. An eine negative Fluorescenz ist dabei nicht zu denken. — Erhitzt man Wasser zum Sieden, so sind die Eigenschaften des heifsen Wassers und des Dampfes ganz dieselben, ob die erforderliche Wärme durch Verbrennung irgend eines Materials, ob sie durch Umsetzung von Elektricität, ob sie durch Umwandlung mechanischer Arbeit gewonnen wurde. Reinem,

warmem Wasser kann Niemand anmerken, wie und wo es erwärmt worden, ob durch Heerdfeuer oder durch Sonnenwärme, ob im eisernen Kessel oder in der Porzellanschaale oder im Innern eines Vulkans, ob es früher heifser oder weniger warm gewesen, ob es condensirter Dampf ist, oder geschmolzenes Eis. Bei einer bestimmten Temperatur bilden und bei einer andern lösen sich chemische Verbindungen, von der Temperatur hängt das Volum des Körpers ab, ihr Aggregatzustand und, — sonst gleiche Umstände stets vorausgesetzt, — die Art und Intensität der von ihnen ausgestrahlten Wärme, auch das Glühen und noch manche andere Eigenschaften. Aber es ist *nur* die Temperatur, welche Einfluſs hat, nirgends die Abstammung der Wärme, welche die Temperatur bis zu dem bestimmten Grade gebracht hat. Die Mannigfaltigkeit und grofse Verschiedenheit der strahlenden Wärme verschwindet, sowie die Wärme aus dem dynamischen Zustande in den statischen übergeht (wenn diese etwas aufser Uebung gekommene Sprechweise mir gestattet wird). Dieser Satz erhebt keinen Anspruch auf Neuheit; — ich selbst habe ihn schon vor längerer Zeit gelegentlich ausgesprochen.[1]) Die Glüherscheinungen im Brennpunkte reiner Wärmestrahlen unter Ausschluſs der Lichtstrahlen und vielleicht solcher Wärmestrahlen, die hohe Brechbarkeit besitzen, geben nur einen neuen Beleg für diese alte Wahrheit.

23. Es lassen sich theoretische Gründe *für* das Vorhandensein einer negativen Fluorescenz aufstellen, das heifst eines Vorganges, welcher die Brechbarkeit der Strahlen *vergröfsert*, in ähnlicher Weise, wie dieselbe bei den bisher beobachteten Fluorescenzerscheinungen *verringert* wird.

Herr Stokes nimmt an, die das erregende Licht bildenden Wellenbewegungen des Aethers erzeugten in den Molecülen des bestrahlten Körpers Oscillationen; diese sollen nicht unendlich klein sein, und daraus wird gefolgert, daſs ihre Perioden länger seyen, als die des erregenden Lichtes.

1) Henle und Pfeufers Zeitschrift f. rationelle Medicin. [3]. VIII, 234.

Und da die Molecularbewegungen Aetherschwingungen von übereinstimmender Periode hervorrufen, so wird das dispergirte Licht von geringerer Brechbarkeit seyn, als das erregende.

Herr Ångström macht dieselbe Annahme, wie Herr Stokes, zieht aber aus dem Umstande, dafs die unter Einfluſs des Lichts entstandenen Molecularbewegungen nicht unendlich klein sind, den entgegengesetzten Schluſs [1]), nämlich, dafs dadurch dem Aether Oscillationen einer höhern Ordnung, »nämlich die Oktave« mitgetheilt werden. Das wäre dann also eine Brechbarkeitserhöhung, eine negative Fluorescenz.

Herr W. Eisenlohr denkt [2]), die Fluorescenz entstehe durch Interferenz der erregenden blauvioletten und ultravioletten Strahlen. Diese Interferenz soll eine Lichtart geringerer Brechbarkeit liefern, gerade wie die Combinationstöne tiefer seyen als die beiden interferirenden Töne. — Gegen diese Ansicht ist zu erinnern, dafs ihr zufolge im *reinen* Spectrum nie Fluorescenz bemerkt werden könnte, da in einem solchen an einer Stelle nur Strahlen *gleicher* Brechbarkeit sich vorfinden.

Herr Lommel hat eine Combination der Theorien von Stokes und von Eisenlohr angenommen. [3]) Die erregenden Strahlen sollen die Theilchen des bestrahlten Körpers in Schwingungen versetzen, deren Oscillationsdauer von der Natur des Körpers abhänge. Die von dem Körper in Folge hiervon ausgesendeten Strahlen sollen, wie bei den meisten leuchtenden oder wärmestrahlenden Körpern es der Fall ist, im Allgemeinen nicht homogen seyn, sondern aus Elementarstrahlen verschiedener Wellenlänge bestehen. Es scheint dabei stillschweigend angenommen, die entstandenen Oscillationen seyen alle von gröſserer Periode, als die der erregenden Strahlen. Ist nun die Oscillationsdauer der entstandenen Strahlen nicht zu groſs für

1) Pogg. Ann. XCIV, 162.
2) Pogg. Ann. XCIII, 623.
3) Pogg. Ann. CXVII, 642.

die Wahrnehmung durch das Auge, so soll der Körper phosphoresciren; ist sie aber zu groſs, so könnten die an und für sich dunkeln, erregten Strahlen sich während der Bestrahlung mit den einfallenden Strahlen combiniren (wohl mit den reflektirten) und es könnten dadurch Combinationsfarben entstehen, welche der direkten Wahrnehmung zugänglich sind. Das wäre dann die Fluorescenz. Die Schwingungszahl der Combinationsstrahlen, — so wird ausdrücklich bemerkt, wäre gleich der Differenz der Schwingungszahlen beider zusammenwirkenden Strahlen.

24. Will man den theoretischen Vorstellungen des Herrn Eisenlohr und insbesondere denen des Herrn Lommel Beifall geben, so würde dadurch gerade die Möglichkeit oder sogar die Nothwendigkeit einer Brechbarkeitserhöhung, einer negativen Fluorescenz, *neben der positiven*, ausgesprochen. — Die beiden genannten Physiker sprechen nur von jenen Combinationsschwingungen, welche in der Akustik am frühesten erkannt wurden und häufig als Tartini'sche Combinationstöne bezeichnet werden. Nun hat Herr Helmholtz nachgewiesen[1]), daſs neben jenen tieferen Combinationstönen oder Differenztönen auch noch höhere oder Summationstöne bestehen, deren Schwingungszahl gleich ist der Summe der Schwingungszahlen der primären Töne. Ueberträgt man diese Entdeckung auf die Schwingungen des Aethers, so kann durch das Zusammenwirken zweier Strahlen geringer Brechbarkeit ein Strahl von viel gröſserer Brechbarkeit entstehen. Zum Beispiel aus zwei ultrarothen Strahlen von wenig verschiedener Brechbarkeit ein Licht, das etwa die halbe Oscillationsdauer hat, also indigoblau bis violett ist. — Werden durch die erregenden Strahlen in den Molecülen der fluorescirenden Körper Schwingungen verschiedener Art hervorgerufen, aber alle oder zum Theile wenigstens von gröſserer Oscillationsdauer, so ist, wenn diese Schwingungen als ultrarothe auch für sich nicht wahrnehmbar sind, eine Entstehung sichtbaren Lichtes, auch ohne Mitwirkung der reflektirten Strahlen

1) Pogg. Ann. XCIX, 497 (518).

durch Bildung von »Summationsschwingungen« nicht nur möglich, sondern nothwendig.

25. Der experimentelle Nachweis der negativen Fluorescenz wird sich mit Sicherheit nur in der Art finden lassen, dafs man eine geeignete Substanz successive an die verschiedenen Stellen eines sehr reinen Spectrum bringt und das entstehende Fluorescenzlicht sorgfältig zerlegt. Chlorophyll, Guajak und einige andere Substanzen zeigen die Fluorescenz schon bei Bestrahlung durch wenig brechbares Licht schon im Gelb oder im Orange des Spectrum. Es ist mir nicht bekannt, ob eine genaue Analyse des entstehenden rothen Fluorescenzlichtes des Chlorophylls und des als violett bezeichneten von Guajak gemacht wurde und ob namentlich darauf geachtet wurde, ob in diesem zusammengesetzten Lichte nicht etwa Strahlen gröfserer Brechbarkeit als die erregenden enthalten sind. Sind die Angaben des Herrn Stokes über Guajaklösung von mir richtig verstanden[1]), so würden sie schon eine negative Fluorescenz beweisen, denn das Fluorescenzlicht soll violett seyn, also hochbrechbare Strahlen enthalten und die Erregung zur Fluorescenz im Spectrum zwischen den Fraunhofer'schen Linien *D* und *b* beginnen.

Aschaffenburg, Februar 1867.

1) Ich benutze hier Berl. Ber. üb. d. Fortschr. d. Phys. 1852, p. 263.

III. *Ueber die Diffusion von Flüssigkeiten; von E. Voit.*

(Schluſs von S. 240.)

Bei dem ersten Diffusionsversuch betrug die Länge des Diffusionsgefäſses 14,425 Cent. Für eine Röhrenlänge von 20 Cent. und eine Lösung von der Concentration 0,1635 Gr. giebt das Saccharimeter die Angabe 100. Man erhält also durch Multiplication der Saccharimeter-Ablesungen mit $\frac{0{,}1635}{100} \cdot \frac{20}{14{,}425} = 0{,}0022669$ die den Beobachtungen entsprechenden Concentrationen. Die directen Angaben des Saccharimeters sind unter der Rubrik *B*, die entsprechenden Concentrationen unter *C* und die Tiefen der Schichten, für welche die Beobachtungen gemacht sind, unter *A* angegeben.

Zuckerlösung No. 1.

Eine Zuckerlösung von der Concentration 0,1768 Gr. wurde am 26 Mai $3^h\ 2^m$ Nachmittags in das Diffusionsgefäſs gefüllt. In den folgenden Tagen wurde gefunden:

8. Juni $11^h\ 22^m$ Vormittags.

A.	*B.*	*C.*	*A.*	*B.*	*C.*
0,588	5,07	0,01149	5,588	34,50	0,07821
1,088	6,27	1421	6,088	40,77	9243
1,588	6,90	1564	6,588	46,90	10632
2,088	8,20	1859	7,088	53,07	12031
2,588	10,47	2374	7,588	58,30	13217
3,088	13,50	3060	8,088	62,34	14132
3,588	16,37	3711	8,588	66,80	15143
4,088	20,87	4731	9,088	69,67	15794
4,588	24,40	5532	9,588	71,90	16300
5,088	29,07	6590			

11 Juni 9h 28m V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,605	7,57	0,01716	5,605	35,50	0,08047
1,105	8,33	1888	6,105	40,23	9120
1,605	9,43	2138	6,605	46,47	10535
2,105	10,43	2365	7,105	51,27	11623
2,605	12,33	2795	7,605	55,67	12260
3,105	15,43	3498	8,105	60,77	13777
3,605	18,53	4201	8,605	64,03	14156
4,105	22,63	5130	9,105	66,97	15182
4,605	26,40	5985	9,605	68,70	15575
5,105	31,03	7035			

12. Juni 10h 56m V.

0,449	7,70	0,01746	5,449	33,56	0,07608
0,949	8,43	1911	5,949	38,73	8771
1,449	9,50	2154	6,449	43,73	9914
1,949	10,46	2372	6,949	49,00	11108
2,449	12,20	2765	7,449	54,16	12279
2,949	14,93	3385	7,949	57,93	13133
3,449	18,06	4095	8,449	61,73	13995
3,949	21,43	4859	8,949	65,00	14735
4,449	24,63	5584	9,449	66,86	15156
4,949	29,26	6633			

13. Juni 11h 0m V.

0,633	8,63	0,01950	5,633	36,03	0,08168
1,133	9,53	2160	6,133	40,67	9220
1,633	10,60	2403	6,633	45,87	10398
2,133	12,03	2727	7,133	50,70	11494
2,633	14,40	3265	7,633	55,67	12620
3,133	17,20	3899	8,133	59,23	13427
3,633	19,90	4511	8,633	61,70	13988
4,133	22,97	5207	9,133	64,50	14622
4,633	27,03	6128	9,633	66,20	15007
5,133	31,27	7089			

14. Juni 8h 52m V.

0,635	9,54	0,02169	1,635	11,82	0,02677
1,135	10,82	2451	2,135	13,32	3098

A.	B.	C.	A.	B.	C.
2,635	15,04	0,03409	6,635	45,08	0,10203
3,135	17,61	3991	7,135	50,01	11337
3,635	19,93	4518	7,635	53,89	12305
4,135	23,68	5358	8,135	58,33	13203
4,635	27,00	6121	8,635	61,21	13876
5,135	31,91	7134	9,135	63,92	14479
5,635	36,11	8086	9,635	65,85	14925
6,135	40,14	9099			
		15. Juni 9h 29m V.			
0,745	10,90	0,02471	5,245	32,90	0,07458
1,245	11,30	2561	5,745	37,43	4868
1,745	12,97	2940	6,245	41,57	9424
2,245	14,10	3197	6,745	46,50	10541
2,745	16,70	3786	7,245	50,37	11419
3,245	18,37	4165	7,745	54,57	12371
3,745	21,70	4920	8,245	58,47	13256
4,245	24,73	5607	8,745	61,37	13995
4,745	28,80	6529	9,245	63,90	14486
		18. Juni 10h 32m V.			
0,641	13,23	0,02999	5,641	36,38	0,06247
1,141	13,71	3106	6,141	41,31	9345
1,641	14,48	3283	6,641	44,98	10197
2,141	15,91	3605	7,141	49,01	11110
2,641	17,71	4015	7,641	52,88	11987
3,141	19,71	4468	8,141	56,24	12749
3,641	22,88	5186	8,641	59,68	13529
4,141	26,44	5994	9,141	61,84	14019
4,641	30,24	6855	9,641	63,01	14284
5,141	33,38	7567			
		19. Juni 9h 30m V.			
0,644	14,33	0,03249	3,144	21,30	0,04829
1,144	14,63	3317	3,644	23,56	5341
1,644	15,53	3520	4,144	26,73	6060
2,144	17,13	3884	4,644	30,50	6914
2,644	18,56	4208	5,144	33,53	7601

A.	B.	C.	A.	B.	C.
5,644	37,56	0,08515	8,144	55,80	0,012649
6,144	41,40	9386	8,644	59,26	13414
6,644	45,56	10327	9,144	61,46	13984
7,144	49,30	11176	9,644	62,56	14181
7,644	52,90	11992			
		20. Juni 10h 58m V.			
0,574	14,98	0,03396	5,574	36,91	0,08367
1,074	15,55	3520	6,074	40,71	9229
1,574	15,85	3592	6,574	44,45	10077
2,074	17,38	3940	7,074	47,98	10877
2,574	19,15	4341	7,574	52,41	11881
3,074	21,18	4802	8,074	55,21	12515
3,574	23,65	5361	8,574	58,01	13151
4,074	26,48	6013	9,074	60,88	13801
4,574	29,75	6744	9,574	62,11	14089
5,074	33,51	7596			
		21. Juni 8h 57m V.			
0,503	15,08	0,03418	5,503	36,95	0,08376
1,003	15,78	3576	6,003	40,48	9187
1,503	16,28	3690	6,503	43,98	9970
2,003	17,78	4031	7,003	48,22	10391
2,503	19,28	4370	7,503	51,58	11693
3,003	21,42	4856	8,003	54,52	12359
3,503	23,98	5436	8,503	57,18	12963
4,003	27,12	6148	9,003	59,08	13393
4,503	29,28	6737	9,503	60,45	13704
5,003	33,05	7492			
		22. Juni 10h 25m V.			
0,551	15,40	0,03491	4,051	27,44	0,06221
1,051	15,94	3613	4,551	30,50	6914
1,551	17,50	3967	5,051	33,50	7594
2,051	18,40	4172	5,551	37,04	8397
2,551	20,14	4566	6,051	40,34	9145
3,051	21,80	4942	6,551	44,64	10120
3,551	24,30	5509	7,051	48,17	10921

A.	B.	C.	A.	B.	C.
7,551	51,27	0,11623	9,051	58,50	0,13262
8,051	53,94	12928	9,551	59,30	13443
8,551	57,17	12865			
		23. Juni 9h 47m V.			
0,431	16,97	0,03847	5,431	36,60	0,08297
0,931	17,20	3899	5,931	39,97	9061
1,431	17,77	4028	6,431	43,87	9945
1,931	18,64	4226	6,931	47,20	10700
2,431	20,14	4566	7,431	50,51	11457
2,931	22,34	5064	7,931	53,24	12069
3,431	24,67	5593	8,431	56,30	12663
3,931	27,14	6153	8,931	58,04	13158
4,431	30,14	6833	9,431	59,07	13391
4,931	33,14	7513			
		25. Juni 11h 15m V.			
0,731	17,75	0,04024	5,231	34,68	0,07907
1,231	18,55	4205	5,731	38,38	8700
1,731	19,72	4470	6,231	41,52	9412
2,231	21,38	4847	6,731	44,78	10152
2,731	22,48	5096	7,231	47,88	10854
3,231	24,38	5527	7,731	50,72	11498
3,731	26,22	5943	8,231	53,82	12200
4,231	29,38	6660	8,731	55,45	12570
4,731	32,15	7287	9,231	57,65	13069
		27. Juni 9h 30m V.			
0,693	19,27	0,04368	5,193	53,20	0,07979
1,193	20,10	4557	5,693	37,93	8599
1,639	21,17	4800	6,193	41,90	9499
2,193	22,33	5062	6,693	44,90	10179
2,693	23,70	5373	7,193	47,70	10814
3,193	25,27	5728	7,693	50,19	11378
3,693	27,21	6168	8,193	52,33	11863
4,193	29,47	6681	8,693	54,80	12423
4,693	32,27	7318	9,193	56,17	12734

28. Juni 10h 25m V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,807	20,32	0,04606	5,807	36,25	0,09217
1,307	20,75	4704	5,807	38,78	9792
1,807	21,75	4930	6,307	42,11	9544
2,307	23,25	5270	6,807	44,92	10183
2,807	24,45	5543	7,307	47,78	10832
3,307	26,18	5935	7,807	50,52	11452
3,807	28,58	6479	8,307	52,85	11980
4,307	31,38	7114	8,807	54,62	12382
4,807	33,42	7576	9,307	55,88	12667

30. Juni 9h 42m V.

0,626	21,14	0,04793	5,126	35,21	0,07981
1,126	21,51	4876	5,626	37,94	8601
1,626	21,91	4967	6,126	40,94	9281
2,126	22,98	5209	6,626	43,98	9970
2,626	24,18	5482	7,126	46,28	10491
3,126	26,74	6062	7,626	49,08	11126
3,626	28,01	6360	8,126	51,28	11625
4,126	30,41	6894	8,626	53,28	12078
4,626	32,71	7415	9,126	54,21	12289

3. Juli 11h 8m V.

0,770	21,90	0,04965	5,270	35,90	0,08138
1,270	22,23	5039	5,770	38,10	8638
2,770	23,10	5237	6,270	40,86	9263
2,270	24,30	5509	6,770	43,26	9807
2,770	25,33	5742	7,270	45,70	10360
3,270	27,06	6135	7,770	48,66	11032
3,770	29,16	6610	8,270	50,20	11380
4,270	31,43	7125	8,770	51,86	11757
4,770	33,26	7540	9,270	52,43	11886

5. Juli 9h 31m V.

0,525	24,45	0,05543	2,525	26,68	0,06048
1,025	24,62	5581	3,025	27,92	6329
1,525	24,78	5618	3,525	29,32	6646
2,025	25,02	5671	4,025	30,96	7023

A.	B.	C.	A.	B.	C.
4,525	33,18	7522	7,025	44,48	0,10084
5,025	35,45	8036	7,525	47,08	10673
5,525	38,32	8685	8,025	48,85	10074
6,025	40,45	9170	8,525	50,68	11489
6,525	42,58	9652	9,025	51,88	11761
		7. Juli 11h 16m V.			
0,596	24,65	0,05588	5,096	35,38	0,08020
1,096	25,02	5671	5,596	38,05	8626
1,596	25,82	5852	6,096	40,72	9231
2,096	26,38	5980	6,596	42,75	9691
2,596	27,52	6238	7,096	44,18	10016
3,096	29,02	6578	7,596	45,92	10409
3,596	30,28	6864	8,096	48,02	10886
4,096	32,05	7265	8,596	48,98	11104
4,596	33,62	7621	9,096	51,02	11566
		10. Juli 10h 17m V.			
0,178	26,22	0,05919	5,178	37,08	0,08406
0,678	26,85	6086	5,678	39,05	8852
1,178	26,75	6072	6,178	41,08	9313
1,679	27,28	6184	6,678	43,22	9797
2,178	28,35	6427	7,178	44,98	10197
2,678	29,12	6601	7,678	46,65	10575
3,178	30,08	6819	8,178	48,01	10893
3,678	31,85	7220	8,678	49,32	11180
4,178	33,52	7496	9,178	50,32	11407
4,678	34,88	7907			
		13. Juli 9h 37m V.			
0,727	27,77	0,06296	5,227	37,47	0,08485
1,227	27,90	6325	5,727	38,87	8812
1,727	28,03	6355	6,227	40,97	9288
2,227	28,77	6523	6,727	42,83	9709
2,727	29,70	6733	7,247	45,00	10201
3,277	30,87	6998	7,727	46,07	10444
3,727	31,93	7239	8,227	46,73	10594
4,227	34,10	7731	8,727	48,13	10912
4,727	36,10	8184	9,227	49,67	11261

18. Juli 10h 36 V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,494	28,64	0,06492	5,494	37,74	0,08586
0,994	28,67	6508	5,994	39,37	8925
1,494	28,90	6551	6,494	40,94	9281
1,994	29,64	6719	6,994	42,30	9589
2,494	29,94	6787	7,494	43,40	9839
2,994	31,00	7028	7,994	44,67	10127
3,494	32,10	7277	8,494	46,07	10444
3,994	33,30	7549	8,994	46,67	10580
4,494	34,44	7799	9,494	47,04	10664
4,994	36,20	8206			

25. Juli 10h 7m V.

0,469	30,50	0,06914	5,469	38,83	0,08803
0,969	30,90	7005	5,969	39,57	8970
1,469	31,23	7080	6,469	40,70	9227
1,969	31,40	7119	6,969	41,83	9483
2,469	32,10	7277	7,469	42,80	9702
2,969	32,67	7406	7,969	43,90	9952
3,469	33,53	7601	8,469	44,77	10150
3,969	34,37	7874	8,969	45,10	10224
4,469	35,80	8115	9,469	45,30	10269
4,969	37,37	8427			

3. August 8h 45m V.

0,466	33,34	0,07558	4,966	37,30	0,08456
0,966	33,37	7564	5,466	38,24	8669
1,466	33,40	7572	5,966	38,84	8805
1,966	33,47	7588	6,466	39,70	9000
2,466	33,54	7603	6,966	40,64	9213
2,966	34,04	7717	7,466	41,44	9395
3,466	34,50	7821	7,966	42,24	9575
3,966	35,57	8063	8,466	43,00	9748
4,466	36,64	8306	8,966	43,07	9764

Zuckerlösung No. M.

Die Länge des Diffusionsgefäßes war 3,623 cent. Die Concentration der darin enthaltenen Lösung findet man

daher durch Multiplication der Saccharimeter-Ablesungen mit $\frac{0{,}1635}{100} \cdot \frac{20}{3{,}623} = 0{,}00902566$.

Die anfänglich in das Diffusionsgefäfs eingefüllte Zuckerlösung hatte eine Concentration 0,3607 gr. Das Einfüllen erfolgte am 5. Juni 3^h Nachmittags.

Die an den folgenden Tagen ausgeführten Beobachtungen sind:

6. Juni 1^h 2^m M.

A.	*B.*	*C.*	*A.*	*B.*	*C.*
0,480	0,25	0,00235	4,480	5,03	0,04773
0,980	0,12	108	6,480	37,61	33981
1,480	0,10	90	6,980	39,01	35209
1,980	0,03	27	7,480	39,31	35489
2,480	0,17	153	7,980	39,58	35723
2,980	0,09	81	8,480	39,63	35768
3,480	0,36	325	8,980	39,62	35759
3,980	1,08	975			

7. Juni 10^h 46^m V.

0,472	0,433	0,00391	4,472	8,70	0,07860
0,972	0,10	90	6,472	34,96	31556
1,472	0,02	19	6,972	37,60	33942
1,972	0,00	0	7,472	38,89	35109
2,472	0,19	178	7,972	39,21	35398
2,972	0,59	537	8,472	39,63	35772
3,472	1,36	1231	8,972	39,41	35576
3,972	3,18	2875			

10. Juni 9^h 15^m V.

0,437	0,03	0,00031	4,437	9,83	0,08880
0,937	0,12	18	6,437	27,69	25000
1,437	0,31	284	6,937	32,12	29002
1,937	0,26	0239	7,437	35,58	32117
2,437	1,02	921	7,937	37,09	33484
2,937	1,71	1550	8,437	38,47	34722
3,437	3,31	2996	9,937	39,06	35258
3,937	5,87	5305			

12. Juni 9h 42m V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,400	0,08	0,00072	5,400	14,63	0,13204
0,900	0,04	36	5,900	18,97	17121
1,400	0,03	27	6,400	23,47	21183
1,900	0,40	361	6,900	28,57	25795
2,400	1,37	1237	7,400	32,50	29333
2,900	2,17	1958	7,900	35,27	31832
3,400	3,87	3493	8,400	37,17	33548
3,900	5,93	5351	8,900	38,50	34748
4,400	8,47	7645	9,400	39,13	35317
4,900	11,67	10533			

13. Juni 10h 12m V.

0,550	0,02	0,00018	5,550	17,96	0,016331
1,050	0,28	264	6,050	20,08	18511
1,550	0,84	756	6,550	25,11	22665
2,050	1,41	1269	7,050	29,12	26285
2,550	2,42	2198	7,550	32,54	29372
3,050	3,07	3408	8,050	35,35	31908
3,550	5,37	4852	8,550	37,38	33747
4,050	7,41	6688	9,050	38,35	34628
4,550	10,00	9026	9,550	38,56	34887
5,050	13,13	11892			

14. Juni 10h 14m V.

0,650	0,69	0,00626	5,650	18,11	0,16345
1,150	0,93	848	6,150	21,43	19344
1,650	1,51	1372	6,650	25,67	23176
2,150	2,25	2036	7,150	29,24	26396
2,650	3,18	2885	7,650	32,38	29234
3,150	4,76	4302	8,150	35,09	31676
3,650	6,31	5694	8,650	36,09	32575
4,150	8,48	7662	9,150	38,12	34409
4,650	10,96	9892	9,650	38,39	34658
5,150	14,10	12725			

15. Juni 10h 48m V.

0,700	1,05	0,00948	1,700	2,07	0,01868
1,200	1,59	1435	2,200	2,94	2653

A.	B.	C.	A.	B.	C.
2,700	3,90	0,03520	6,700	25,17	0,22716
3,200	5,14	4638	7,200	28,94	26119
3,700	6,67	6019	7,700	32,00	28882
4,200	9,17	8276	8,200	34,50	31138
4,700	11,47	10353	8,700	36,60	33033
5,200	14,44	13033	9,200	37,77	34090
5,700	18,00	16246	9,700	38,37	34631
6,200	21,74	19621			
		16. Juni 11h 22m V.			
0,395	1,46	0,01317	5,395	16,73	0,15099
0,895	1,73	1561	5,895	20,76	18737
1,395	2,13	1922	6,395	23,40	21120
1,895	2,76	2491	6,895	27,90	25181
2,395	3,86	3484	7,395	31,10	28069
2,895	5,50	4963	7,895	33,46	30200
3,395	7,36	6643	8,395	35,70	32221
3,895	9,23	8330	8,895	36,60	33033
4,395	11,33	10225	9,395	36,96	33358
4,895	13,93	12571			
		17. Juni 10h 33m V.			
0,726	1,96	0,01778	5,726	19,16	17313
1,226	2,39	2161	6,226	22,35	20187
1,726	3,08	2789	6,726	25,89	23382
2,226	3,93	3556	7,226	29,22	26392
2,726	5,26	4758	7,726	31,96	28864
3,226	6,73	0,06083	8,226	34,40	31077
3,726	8,48	7662	8,726	36,20	32694
4,226	11,05	9980	9,226	37,06	33482
4,726	13,10	11830	9,726	37,98	34302
5,226	15,80	14270			
		20. Juni 9h 19m V.			
0,791	2,43	0,62193	2,794	6,67	6016
1,294	3,20	2889	3,294	7,77	7013
1,794	3,63	3276	3,794	9,73	8782
2,294	4,53	4089	4,294	11,53	10407

A.	*B.*	*C.*	*A.*	*B.*	*C.*
4,794	13,63	0,12302	7,294	27,67	0,24973
5,294	16,17	14594	7,794	30,67	27681
5,794	18,97	17121	8,294	33,10	29855
6,294	21,97	19828	8,794	35,20	31769
6,794	24,83	22410	9,294	36,90	33304
		22. Juni 8h 17m V.			
0,538	3,87	0,03493	5,038	16,20	0,14621
1,038	4,60	4151	5,538	18.84	17004
1,538	5,10	4602	6,038	21,10	19043
2,038	5,74	5180	6,538	24,34	21968
2,538	6,77	6120	7,038	25,74	23231
3,038	7,87	7103	7,538	29,80	26896
3,538	9,84	8881	8,038	32,64	29459
4,038	11,54	10416	8,538	34,44	31084
4,538	13,94	12581	9,038	35,30	31860
		23. Juni 10h 59m V.			
0,416	3,93	0,03547	4,916	15,10	0,13628
0,916	4,57	4124	5,416	17,20	15524
1,416	4,97	4485	5,916	19,97	18024
1,916	5,60	5053	6,416	23,13	20878
2,416	6,40	5776	6,916	25,77	23258
2,916	7,93	7657	7,416	27,97	25244
3,416	9,10	8213	7,916	30,07	27140
3,916	11,13	10044	8,416	32,77	29577
4,416	13,20	11914	8,916	34,03	30714
		25. Juni 9h 25m V.			
0,635	5,60	0,05053	5,635	18,16	0,16390
1,135	5,90	5327	6,135	21,63	19521
1,635	6,86	6191	6,635	23,90	21570
2,135	7,20	6498	7,135	26,46	23881
2,635	8,03	7247	7,635	28,43	25659
3,135	9,33	8421	8,135	31,63	28547
3,635	10,76	9712	8,635	33,53	30263
4,135	12,50	11282	9,135	34,90	31490
4,635	14,40	12997	9,635	35,90	32401
5,135	16,36	14766			

27. Juni 5^h 51^m N.

A.	*B.*	*C.*	*A.*	*B.*	*C.*
0,833	6,19	0,95586	5,333	18,27	0,16489
1,333	6,34	5722	5,833	20,34	18358
1,833	7,30	6589	6,833	24,70	22293
2,333	7,84	7078	7,333	26,64	24043
2,833	9,10	8213	7,833	28,90	26083
3,333	10,44	9423	8,333	31,00	27979
3,833	12,14	10957	8,833	32,90	29694
4,333	14,07	12699	9,333	34,34	30994
4,833	15,97	14413			

30. Juni 11^h 28^m V.

0,769	6,70	0,06047	5,269	17,60	0,15885
1,269	7,06	6372	5,769	18,83	16995
1,769	7,90	7130	6,269	21,26	19187
2,269	8,63	7789	6,769	23,86	21535
2,769	9,73	8782	7,269	26,30	23737
3,269	10,86	9802	7,769	28,30	25542
3,769	12,26	11066	8,269	29,76	26860
4,269	13,83	12483	8,769	31,93	28818
4,769	15,26	13775	9,269	32,56	29387

3. Juli 9^h 12^m V.

0,519	7,18	0,06480	5,019	17,51	0,15804
1,019	7,83	7067	5,519	18,88	17014
1,519	8,31	7581	6,019	21,28	19105
2,019	9,03	8150	6,519	23,71	21481
2,519	9,81	8854	7,019	25,78	23267
3,019	10,84	9784	7,519	27,58	24892
3,519	12,74	11499	8,019	29,21	26363
4,019	13,78	12443	8,519	30,58	27600
4,519	15,11	13837	9,019	31,58	28507

5. Juli 10^h 24^m V.

0,565	9,40	0,08484	3,065	12,20	0,11011
1,065	9,57	8637	3,565	13,30	12005
1,565	9,87	8872	4,065	14,50	13087
2,065	10,13	9143	4,565	16,17	14594
2,565	11,13	10046	5,065	17,83	16093

A.	B.	C.	A.	B.	C.
5,565	19,43	0,17537	7,565	27,33	0,24667
6,065	21,13	19070	8,065	28,60	25813
6,565	23,37	21092	8,565	30,03	27104
7,065	25,30	22834	9,065	30,63	27645
		7. Juli 9h 19m V.			
0,545	9,44	0,08520	5,045	17,64	0,15921
1,045	9,64	8700	5,545	19,07	17212
1,545	9,80	8845	6,045	20,97	18926
2,045	10,64	9603	6,545	22,84	20614
2,545	11,50	9974	7,045	24,67	22264
3,045	12,57	11345	7,545	26,34	23773
3,545	14,00	12636	8,045	27,64	24946
4,045	14,64	13213	8,545	29,20	26355
4,545	16,07	14504	9,045	30,00	27077
		13. Juli 11h 12m V.			
0,347	11,32	0,10218	4,847	18,25	0,16471
0,847	11,45	10335	5,347	19,75	17826
1,347	11,78	10633	5,847	20,72	18701
1,847	12,12	10936	6,347	22,42	20235
2,347	12,52	11297	6,847	23,88	21552
2,847	13,78	12438	7,347	25,52	23032
3,347	14,02	12654	7,847	26,68	24079
3,847	15,32	13827	8,347	27,55	24865
4,347	16,62	15001	8,847	28,58	25794
		16. Juli 8h 51m V.			
0,930	11,82	0,10669	5,330	19,68	0,17762
1,430	11,25	11056	5,930	21,15	19088
1,930	12,82	11571	6,430	22,38	20199
2,430	13,18	11896	6,930	23,48	21192
2,930	14,02	12654	7,430	24,82	22401
3,430	14,58	13159	7,930	26,72	24113
3,930	15,85	14305	8,430	27,05	24414
4,330	16,92	15271	8,930	28,15	25406
4,930	18,22	16445			

25. Juli 11h 22m V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,702	13,71	0,12375	5,202	19,74	0,17817
1,202	13,94	12582	5,702	20,74	18719
1,702	14,28	12889	6,202	21,71	19594
2,202	15,01	13547	6,702	22,84	20614
2,702	15,51	13998	7,202	23,56	21264
3,202	16,41	14811	7,702	24,68	22274
3,702	16,71	15082	8,202	25,14	22689
4,202	17,78	16048	8,702	26,04	23502
4,702	18,71	16887			

3. August 10h 9m V.

0,445	14,98	0,13520	4,945	18,72	0,16896
0,945	15,02	13556	5,445	19,35	17465
1,445	15,08	13610	5,945	20,08	18123
1,945	15,32	13827	6,445	21,22	19151
2,445	15,68	14151	6,945	21,88	19747
2,945	16,15	14573	7,445	22,48	20289
3,445	16,98	15322	7,945	23,12	20867
3,945	17,68	15957	8,445	23,65	21345
4,445	18,28	16498	8,945	23,72	21415

Zuckerlösung No. III.

Das Diffusionsgefäfs hatte eine Länge von 14,556 Cent.; in dasselbe wurde anfänglich eine Zuckerlösung von der Concentration 0,3771 Gr. eingefüllt, und zwar am

15. Juni 4h 35m Nachmittags.

Um aus den Saccharimeter-Ablesungen die entsprechende Concentration der Lösung zu finden, mufs man jene mit $\frac{0,1635}{100} \cdot \frac{20}{14,556} = 0,0022465$ multipliciren. Unter Beibehaltung der oben gebrauchten Zeichen wurden folgende Resultate gefunden:

18. Juni 9h 45m V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,567	0,13	0,00003	1,567	0,04	0,00001
1,067	0,22	5	2,067	0,18	04

A.	*B.*	*C.*	*A.*	*B.*	*C.*
2,567	0,41	0,00092	8,067	167,34	0,37592
3,067	2,48	555	8,567	168,04	37750
3,567	2,66	597	9,067	169,28	38029
7,567	165,04	37076	9,567	167,41	37608
		19. Juni 10h 18m V.			
0,529	0,07	0,00016	3,029	4,63	0,01041
1,029	0,43	96	8,029	164,50	36955
1,529	0,63	142	8,529	168,17	37779
2,029	1,83	411	9,029	168,90	37943
2,529	2,63	591	9,529	168,13	37770
		20. Juni 10h 9m V.			
0,446	0,04	0,00009	2,946	7,26	0,01631
0,946	0,54	121	7,946	162,16	36429
1,446	1,37	308	8,446	166,38	37369
1,946	2,71	609	8,946	168,28	37804
2,446	4,51	1013	9,446	167,51	37630
		21. Juni 10h 25m V.			
0,690	1,23	0,00276	3,190	10,03	0,02254
1,190	1,67	375	8,190	160,67	36094
1,690	2,87	645	8,690	165,53	37186
2,190	4,47	904	9,190	167,47	37621
2,690	6,60	1482	9,690	166,43	37389
		22. Juni 9h 26m V.			
0,497	2,48	0,00557	2,997	11,35	0,02549
0,997	3,02	678	8,497	161,95	36382
1,497	3,58	804	8,997	166,82	37476
1,997	5,58	1253	9,497	167,65	37663
2,497	8,35	1876			
		23. Juni 10h 25m V.			
0,322	3,28	0,00784	2,322	8,40	0,01887
0,822	3,38	757	2,822	12,04	2804
1,322	4,57	1027	8,822	162,84	36582
1,822	6,14	1374	9,322	165,44	37166

25. Juni 10h 2m V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,962	7,27	0,01633	2,962	15,97	0,03587
1,462	8,00	1797	8,962	158,83	35681
1,962	9,83	2208	9,462	162,90	36595
2,462	12,40	2785	9,962	163,97	36836

27. Juni 11h 10m V.

0,512	10,13	0,02275	3,012	21,08	0,04736
1,012	10,51	2360	8,712	153,51	34485
1,512	13,08	2713	9,012	156,34	35121
2,012	14,51	3259	9,512	160,38	36029
2,512	17,94	4029			

28. Juni 9h 49m V.

0,395	11,85	0,02662	2,395	18,08	0,04061
0,895	11,91	2675	2,895	21,41	4810
1,395	13,15	2953	8,895	150,51	33811
1,895	15,25	3425	9,395	157,95	35482

30. Juni 10h 26m V.

0,464	14,96	0,03360	2,464	22,16	0,04978
0,964	15,80	3549	2,964	26,13	5871
1,464	17,53	3937	8,964	149,00	33473
1,964	19,80	4448	9,464	153,83	34558

3. Juli 10h 25m V.

0,529	20,98	0,04713	3,029	32,48	0,07296
1,029	21,12	4744	8,529	129,78	29155
1,529	22,42	5036	9,029	144,08	32368
2,029	24,72	5553	9,529	149,02	33477
2,529	28,12	6316			

5. Juli 10h 10m V.

0,584	24,73	0,05556	3,084	36,07	0,08093
1,084	25,53	5735	3,584	40,07	9002
1,584	26,97	6059	8,584	132,97	29871
2,084	28,93	6499	9,084	143,27	32186
2,584	32,10	7204	9,584	147,07	33039

7. Juli 9h 57m V.

V.	B.	C.	A.	B.	C.
0,715	27,05	0,06076	3,215	39,02	0,08765
1,215	27,72	6226	8,715	131,78	29604
1,715	29,22	6564	9,215	140,98	31671
2,215	31,72	7125	9,715	144,42	32444
2,715	35,48	7970			

10. Juli 10h 56m V.

0,401	31,68	0,07117	3,401	47,08	0,10576
0,901	31,91	7168	3,901	51,31	11526
1,401	33,35	7491	7,901	114,68	25763
1,901	35,65	8009	8,401	126,01	28308
2,401	39,08	8779	8,901	134,35	30181
2,901	42,28	9498	9,401	138,95	31214

13. Juli 8h 57m V.

0,595	35,81	0,08044	4,095	54,81	0,12313
1,095	36,25	8143	4,595	58,95	13242
1,595	37,85	8502	7,595	104,71	23523
2,095	39,68	8914	8,095	114,58	25740
2,595	42,61	9572	8,595	123,51	27746
3,095	45,78	10284	9,095	131,21	29476
3,595	50,31	11301	9,595	134,15	30136

25. Juli 10h 44m V.

0,382	48,34	0,10859	5,382	74,40	0,16713
0,882	48,87	10979	5,882	79,44	17846
1,382	49,10	11030	6,382	85,90	19297
1,882	50,74	11398	6,882	92,00	20667
2,382	52,60	11816	7,382	98,04	22024
2,882	55,27	12438	7,882	105,04	23678
3,382	58,00	13029	8,382	110,50	24824
3,882	61,97	13922	8,882	115,44	25934
4,382	66,04	14836	9,382	118,14	26540
4,882	69,04	15591			

3. August 9h 36m V.

0,435	56,15	0,12614	1,435	56,56	0,12710
0,935	56,18	12620	1,935	57,35	12882

A.	B.	C.	A.	B.	C.
2,435	59,38	0,13339	5,935	82,18	0,18461
2,935	61,21	13751	6,435	86,78	19495
3,435	63,81	14334	6,935	91,55	20565
3,935	67,21	15098	7,435	96,35	21644
4,435	70,31	15794	7,935	100,31	22534
4,935	74,31	16693	8,435	103,61	23275
5,435	77,71	17456	8,935	107,11	24061

Trauben-Zuckerlösung No. IV.

Für eine Trauben-Zuckerlösung von der Concentration 0,1287 Gr. giebt das Saccharimeter die Angabe 100, wenn dieselbe in einer Röhre von 20 Cent. Länge sich befindet. Da die Länge des bei diesen Versuchen gebrauchten Diffusionsgefäfses 19,84 Cent. betrug, so müssen die Saccharimeterangaben mit $\frac{0,1287}{100} \cdot \frac{20}{19,84} = 0,0013051$ multiplicirt werden, damit man die den Angaben entsprechenden Concentrationen findet. Die Trauben-Zuckerlösung, welche der Diffusion unterworfen wurde, hatte eine Concentration von 0,2183 Gr. und wurde am 14. Juli $3^h\ 30^m$ Nachmittags in das Gefäfs eingefüllt. Die an den folgenden Tagen gefundenen Resultate sind:

16. Juli $9^h\ 26^m$ V.

A.	B.	C.	A.	B.	C.
0,632	0,03	0,00039	7,632	160,94	0,21003
1,632	0,23	300	8,632	165,80	21637
2,632	0,17	222	9,132	165,84	21642
3,132	1,14	1487	9,632	165,97	21659

24. August $11^h\ 2^m$ V.

0,702	58,33	0,07612	3,702	69,57	0,09079
1,202	58,60	7647	4,202	73,57	9601
1,702	59,77	7799	4,702	78,03	10183
2,202	61,53	8030	5,202	81,70	10662
2,702	63,90	8339	5,702	86,27	11259
3,202	66,00	8613	6,202	90,73	11840

A.	B.	C.	A.	B.	C.
6,702	95,07	0,12406	8,702	109,87	0,14339
7,202	99,87	13033	9,202	112,37	14665
7,702	103,37	13490	9,702	112,90	14734
8,202	106,87	13947			
		25. August 9h 8m V.			
0,635	58,07	0,07578	5,635	85,57	0,10766
1,135	58,70	7661	6,135	89,90	11731
1,635	59,83	7808	6,635	94,23	12397
2,135	61,83	8069	7,135	98,43	12845
2,635	64,03	8356	7,635	102,50	13377
3,135	66,30	8652	8,135	104,87	13686
3,635	69,37	9053	8,635	108,57	14169
4,135	72,00	9514	9,135	110,67	14443
4,635	76,73	10014	9,635	111,23	14517
5,135	80,00	10440			
		27. August 9h 33m V.			
0,574	59,80	0,07803	5,574	85,40	0,11144
1,074	60,30	7869	6,074	89,27	11649
1,574	61,44	8017	6,574	93,60	12214
2,074	63,40	8273	7,074	97,47	12719
2,574	65,07	8491	7,574	101,74	13278
3,074	68,04	8879	8,074	104,80	13677
3,574	70,44	9192	8,574	107,24	13995
4,074	73,67	9613	9,074	109,44	14282
4,574	77,90	10165	9,574	110,20	14382
5,074	81,24	10601			
		28. August 9h 40m V.			
0,673	60,20	0,07856	5,173	82,77	0,10801
1,173	61,57	8035	5,673	86,47	11284
1,637	62,73	8187	6,173	90,30	11784
2,173	64,03	8357	6,673	94,80	12371
2,673	66,20	8640	7,173	98,93	12910
3,173	68,70	8966	7,673	102,33	13355
3,673	71,87	9378	8,173	104,83	13681
4,173	75,97	9913	8,673	106,97	13960
4,673	78,87	10292	9,173	109,43	14281

29. August 9^h 26^m V.

A.	B.	*C.*	*A.*	*B.*	*C.*
0,372	60,83	0,07938	5,372	83,97	0,10957
0,872	61,73	8055	5,872	87,37	11401
1,372	62,30	8130	6,372	91,00	11875
1,872	63,70	8312	6,872	95,37	12446
2,372	65,30	8521	7,372	99,00	12921
2,872	67,33	8786	7,872	101,87	13294
3,372	69,93	9125	8,372	104,33	13616
3,872	73,23	9556	8,872	107,00	13964
4,372	76,40	9970	9,372	108,73	14190
4,872	79,83	10421			

30. August 9^h 42^m V.

0,396	61,47	0,08021	5,396	84,07	0,10977
0,896	61,77	8060	5,896	87,77	11453
1,396	63,20	8247	6,396	91,50	11940
1,896	64,50	8417	6,896	95,33	12440
2,396	66,80	8717	7,396	98,93	22910
2,896	68,03	8878	7,896	100,77	13151
3,396	70,77	9235	8,396	104,40	13625
3,896	74,23	9707	8,896	106,87	13947
4,396	77,03	10052	9,396	108,10	14108
4,896	80,70	10531			

31. August 9^h 16^m V.

0,733	62,37	0,08139	5,733	86,57	0,11297
1,233	63,23	8251	6,233	90,30	11784
1,733	64,53	8421	6,733	93,90	12253
2,233	66,03	8617	7,233	97,73	12753
2,733	68,03	8878	7,733	99,70	13010
3,233	70,40	9187	8,233	102,40	13364
3,733	73,37	9574	8,733	105,37	13751
4,733	79,70	10400	9,233	107,10	13977
5,233	83,60	10909			

1 September 8^h 50^m V.

0,764	62,97	0,08217	1,764	64,47	0,08413
1,264	63,20	8247	2,264	66,57	8687

A.	B.	C.	A.	B.	C.
2,764	68,20	0,8900	6,264	90,93	0,11866
3,264	71,10	9278	6,764	93,70	12227
3,764	73,18	9543	7,264	97,13	12675
4,264	76,43	9974	7,764	100,18	13068
4,764	79,10	10322	8,264	102,73	13407
5,264	83,17	10853	8,764	105,80	13807
5,764	86,53	11292	9,264	106,00	13834
		3 September 8h 55m V.			
0,742	63,93	0,08342	5,242	83,33	0,10874
1,242	64,77	8452	5,742	86,40	11275
1,742	65,50	8547	6,242	90,80	11849
2,242	67,40	8795	6,742	93,10	12149
2,742	69,80	9108	7,242	96,60	12606
3,242	71,60	9343	7,742	98,87	12902
3,742	73,67	9613	8,242	101,37	13229
4,242	77,13	10065	8,742	103,23	13472
4,742	79,87	10422	9,242	104,97	13699
		7. September 9h 36m V.			
0,738	66,67	0,08700	5,238	83,80	0,10935
1,238	66,97	8739	5,738	85,90	11209
1,738	68,13	8891	6,238	89,70	11704
2,238	69,23	9034	6,738	92,77	12106
2,738	70,80	9239	7,238	95,40	12449
3,238	73,43	9582	7,738	97,53	12727
3,738	75,17	9809	8,238	99,80	13023
4,238	77,00	10048	8,738	101,70	13272
4,738	80,87	10553	9,238	103,07	13451
		10. September 9h 0m V.			
0,723	67,90	0,08860	5,223	84,30	0,11001
1,223	68,83	8982	5,723	86,40	11275
1,723	69,63	9086	6,223	89,30	11653
2,233	71,07	9274	6,723	92,07	12015
2,723	72,83	9504	7,223	94,99	12384
3,223	74,43	9713	7,723	97,03	12662
3,723	76,60	9996	8,223	99,30	12958
4,223	79,40	10361	8,723	100,67	13138
4,733	81,27	10605	9,223	101,77	13281

Um einen raschen Ueberblick über die Versuche zu erleichtern habe ich dieselben graphisch dargestellt, und dabei als Abscissen die Concentrationen, als Ordinaten die Höhen der betrachteten Schicht unter der Oberfläche angenommen. (Siehe Taf. VII.) Auf diese Weise construirte ich dann für jeden 5ten Tag die Curve der Concentrationen. Es läfst sich so aus den Tabellen sehr leicht entnehmen, wie an einem bestimmten Tag die Concentration mit der Höhe, und wie in irgend einer Höhe die Concentration mit der Zeit sich ändert. Die Curven sind alle durch Interpolation gefunden, da nicht immer gerade an jedem 5ten Tag beobachtet wurde. Nur bei der Tabelle III. für Rohrzucker ist ein Theil der Curven, — der punktirte — nicht aus interpolirten Werthen construirt, weil an diesen Stellen keine Beobachtungen ausgeführt werden konnten; diese nur als wahrscheinlich gezeichnete Ergänzung darf defshalb nie als beweisend in irgend einer Richtung angesehen werden. Nach jeder, mit einem der Diffusionsgefäfse vollendeten Beobachtungsreihe wurde der Inhalt desselben gleichmäfsig gemischt und eine Bestimmung seiner Concentration gemacht, damit nicht nur der Anfangszustand der Lösung, sondern auch der Endzustand, dem sich dieselbe mehr und mehr nähert, angegeben werden kann. In den Tafeln sind auch diese Werthe eingezeichnet.

Obwohl schon aus der graphischen Darstellung der Versuche einige interessante Schlüsse gezogen werden können, so mag doch zuerst die wichtigste Frage beantwortet werden, ob die von Fick [1]) gemachte Annahme über den Diffusionsvorgang richtig sey, und wenn diese Frage bejaht werden mufs, welcher Werth der Diffusions-Constante sich aus den Beobachtungen für Rohr- und Traubenzucker berechne?

Ich habe mich zur Berechnung der Diffusionsconstante der von Simmler und Wild entwickelten Formel

$$u = \frac{u_0}{2} - \frac{2u_0}{\pi} \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{(-1)^p}{2p+1} \cos \frac{2p+1}{H} \pi x . e^{-\left(\frac{2p+1}{H}\pi\right)^2 kt}$$

1) A. a. O. S. 228.

bedient; die Bedeutung der Zeichen ist dieselbe wie früher, aufserdem ist x die Höhe der Schicht, in welcher die Concentration u beobachtet wird, und p nimmt in der Summe alle Werthe von 0 bis ∞ an. Zur Berechnung von k sind die in den Höhen $x = \frac{H}{6}$ u $x = \frac{5H}{6}$ gemachten Beobachtungen der Concentration am Bequemsten; denn es verschwindet dann in der obigen Formel das zweite Glied der Summe. Wenn t, d. h. die Beobachtungsdauer, nur etwas grofs ist, so kann man ohne erheblichen Fehler die weiteren Glieder der unendlichen Reihe gegen das erste vernachlässigen; und k erscheint dann in einer endlichen Form. Bei geringer Versuchsdauer könnte man durch Berechnung noch einiger Glieder der Reihe den Resultaten eine gröfsere Genauigkeit geben; ich habe jedoch diese Correctionen ganz unterlassen, einmal, weil dieselben nur unbedeutend sind, und dann, weil, wie ich gleich zeigen werde, noch viel gröfsere Ungenauigkeiten durch einen anderen Umstand bedingt sind.

Die aus den oben angeführten Versuchsresultaten erhaltenen Werthe von k sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Rohrzucker.

	I.		II.		III.	
	berechnet aus der Höhe $\frac{H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{5H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{5H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{5H}{6}$
3. Aug.	0,3140	0,3173	0,2626	0,3148	0,2922	0,3223
25. Juli.	0,3176	0,3140	0,2738	0,2852	0,2899	0,2954
18. Juli.	0,3045	0,3188	0,2692	0,2910	0,2935	0,3272
13. Juli.	0,3105	0,3267	0,2716	0,3019	0,2856	0,3087
10. Juli.	0,3128	0,3160	0,2527	0,2835	0,2832	0,3492
7. Juli.	0,3072	0,3370	0,2653	0,2853	0,2923	0,3452
5. Juli.	0,3017	0,3209	0,2404	0,2853	0,2808	0,3232
3. Juli.	0,2794	0,3275	0,2423	0,3199	0,2827	0,3178
30. Juni.	0,2791	0,3162	0,2416	0,3183		
28. Juni.	0,2966	0,3271	0,2665	0,2842		
27. Juni.	0,2908	0,3266	0,2300	0,3373		
25. Juni.	0,2869	0,3237	0,2450	0,2873		
23. Juni.	0,2824	0,3223	0,2001	0,3487		
22. Juni.	0,2894	0,3302	0,2237	0,3403		
21. Juni.	0,2769	0,3274	0,2147	0,3326		
20. Juni.	0,2752	0,3523	0,2118	0,4071		

Rohrzucker.

I.			II.			III.		
	berechnet aus der Höhe $\frac{H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{5H}{6}$		berechnet aus der Höhe $\frac{H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{5H}{6}$		berechnet aus der Höhe $\frac{H}{6}$	berechnet aus der Höhe $\frac{5H}{6}$
19. Juni.	0,2825	0,3370	14. Juni.	0,2051	0,4571			
18. Juni.	0,2688	0,3501	13. Juni.	0,1917	0,4184			
15. Juni.	0,2718	0,3557	12. Juni.	0,1632	0,3939			
14. Juni.	0,2706	0,3661						
13. Juni.	0,2578	0,3641						
12. Juni.	0,2560	0,3489						
11. Juni.	0,2659	0,3563						
8. Juni.	0,2616	0,3250						

Traubenzucker

10. Sept.	0,3212	0,2960	31. Aug.	0,3271	0,3275	27. Aug.	0,3212	0,3135
7. Sept.	0,3160	0,3064	30. Aug.	0,3221	0,3159	25. Aug.	0,3175	0,3179
3. Sept.	0,3114	0,3135	29. Aug.	0,3205	0,3263	24. Aug.	0,3220	0,3214
1. Sept.	0,3119	0,3191	28. Aug.	0,3235	0,3209	16. Aug.	0,2994	0,3887

Die für k erhaltenen Werthe sind also nicht constant. Für Rohrzucker schwanken dieselben von 0,45 bis 0,16. Für Traubenzucker zwischen 0,388 und 0,199; scheinbar nehmen die Werthe in beiden Fällen mit der Concentration zu, so daſs man zu dem Schluſs kommen könnte, daſs das Gesetz, welches Fick angenommen hat, und das zur Berechnung der Gröſse k diente, unrichtig sey. Bei genauerer Betrachtung der Resultate findet man jedoch, daſs ein solcher Schluſs zu voreilig ist.

Die graphische Darstellung der Beobachtungen, wie sie auf den vier beigegebenen Tabellen verzeichnet ist, soll dazu dienen, den Nachweis zu liefern, daſs die gemachte Berechnung von k unrichtig ist, ohne daſs das Diffusions-Gesetz verworfen werden muſs.

Erfolgt der Diffusionsvorgang in einem Diffusionsgefäſs proportional der Concentrationsdifferenz, und ist anfänglich das Gefäſs bis zur Hälfte mit einer Salzlösung, die obere Hälfte desselben aber mit destillirtem Wasser angefüllt, so muſs in der halben Höhe des Gefäſses vom Beginne der Diffusion an eine constante Concentration der Lösung herrschen; und zwar gerade die halbe Concentration der anfänglich eingefüllten Lösung. Wegen der ganz symmetrischen Anordnung ist dieſs selbstverständlich; es kann aber auch aus der Formel

$$u = \frac{u_0}{2} - \frac{2u_0}{\pi} \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{(-1)^p}{2p+1} \cos \frac{2p+1}{H} \pi x . e^{-\left(\frac{2p+1}{H}\pi\right)^2 kt}$$

gefolgert werden; denn für $x = \frac{H}{2}$ wird u für jeden Werth von t gleich $\frac{u_0}{2}$.

Die Concentrationscurven sollen sich also in unseren Zeichnungen alle in einem Punkte schneiden, nämlich in dem mit A bezeichneten Punkte. Es ist dies aber in keiner der Zeichnungen wirklich der Fall. Näherungsweise schneiden sich die Curven wohl in einem Punkte, dieser ist aber eine beträchtliche Strecke unterhalb A. Eine zweite Bemerkung klärt diesen Umstand sogleich auf.

Die Menge des in dem Diffusionskasten enthaltenen Zuckers ist während der ganzen Beobachtungsdauer constant; da nun die Fläche, welche irgend eine der Concentrations-Curven aus dem Coordinatenraum ausschneidet, proportional ist der in der Lösung befindlichen Zuckermenge, so sollten auch diese Flächen constant bleiben. Ich habe diese Flächen berechnet und gebe in der kleinen Tabelle die Resultate. Die Zahlen bedeuten die im Gefäfse enthaltenen Zuckermengen in Grm.

	Rohrzucker.		Traubenzucker.	
Tag d. Beobachtung.	I.	II.	III.	IV.
0	59,09	25,89	122,08	114,68
5	51,62	22,00	(107,31)	112,39
10	51,99	22,26	(106,37)	103,42
15	53,41	22,80	(105,05)	103,67
20	52,12	23,44	(105,42)	104,20
25	53,06	23,46	(105,88)	104,94
30	55,01	24,25	(105,46)	106,92
35	56,03	24,57	108,74	100,41
40	56,53	24,91	102,67	112,28
45	56,97	25,10	104,12	113,64
50	57,22	25,16	105,14	114,05
55	57,32	24,88		114,84
60	57,63	25,14		
65	57,73			
70	57,82			
∞	57,72	25,73	121,79	114,53

[Die in Klammern eingeschlossenen Zahlen sind nicht die Ergebnisse directer Beobachtung, sondern aus den durch Ergänzung erhaltenen Curven berechnet.] Die ganze in dem Diffusionsgefäfs enthaltene Zuckermenge berechnet sich also aus den Versuchen anfänglich viel zu klein, wächst sodann und erreicht endlich wieder denselben Werth, den diese bei der Füllung hatte. Es kann dies bei dem regelmäfsigen Wachsen der Zahlen nicht in der Ungenauigkeit der Beobachtungen liegen, sondern nur darin beruhen, dafs

die Angaben des Saccharimeters im Moment der Mischung unrichtig sind. Während der Diffusion, d. h. während die concentrirte Zuckerlösung sich in dem destillirten Wasser vertheilt, giebt das Saccharimeter einen viel zu geringen Zuckergehalt an, und zwar ist der begangene Fehler um so gröfser, je stärker die Diffusion, oder je stärker der Concentrationsunterschied in den aufeinander folgenden Schichten ist.

Alle Saccharimeterangaben an den ersten Versuchstagen sind defshalb viel zu klein, und erst wenn die Mischung schon eine ziemlich vollständige ist, wird der begangene Fehler ein kleiner.

Ohne dafs man Correctionen an den einzelnen Zahlenresultaten anbringt, darf man sie nicht zur Berechnung von k anwenden, aufser wenn die aus allen Beobachtungen eines Tages gefolgerte Zuckermenge wenigstens näherungsweise mit der bei Beginn der Diffusion gefundenen Menge übereinstimmt.

Bei den vorliegenden Versuchen ist eine solche Uebereinstimmung der berechneten und anfänglich beobachteten Zuckermenge für die erste Rohrzuckerlösung erst von dem 50ten Beobachtungstag an. Die aus solchen Versuchen berechneten Constanten sind: 0,3140, 0,3176, 0,3045, 0,3173, 0,3140, 0,3188, im Mittel 0,31437.

Für die beiden anderen Lösungen ist keine Beobachtung so lange fortgesetzt, dafs sie zur Berechnung von k dienen könnte. Bei den Beobachtungen mit Traubenzucker sind alle von dem 40ten Beobachtungstag noch zur Ermittlung von k tauglich; man findet dafür 0,32129, 0,3160, 0,3114, 0,3119, 0,3271, 0,3221, 0,3221, 0,3205, 0,3235, 0,3212, 0,3175, 0,3220, 0,2960, 0,3064, 0,3135, 0,3191, 0,3275, 0,3159, 0,3203, 0,3209, 0,3135, 0,3279, 0,3214 und im Mittel 0,3180.

Das durch diese Zahlen für Rohr- und Traubenzucker gefundene Verhältnifs des Diffusionsvermögens ist 0,3144 : 0,318 oder 1 : 1011; der Unterschied in dem Diffusionsvermögen von Rohr- und Traubenzucker ist also ein sehr geringer.

Auch aus den übrigen oben angeführten Versuchen, welche kurz nach Beginn der Diffusion angestellt wurden, kann ein genauer Werth der Diffusionsconstante erhalten werden, wenn man die an den Beobachtungen anzubringenden Correctionen kennt. Da ich auf diesen Gegenstand in einer späteren Arbeit noch einmal zurückkommen will, mag hier nur eine kurze Bemerkung genügen. Aus den Zeichnungen ist leicht einzusehen, dafs die Fehler in den Saccharimeterangaben immer der Art sind, dafs das Saccharimeter in der Höhe $\frac{H}{6}$ und $\frac{5H}{6}$ eine zu geringe Angabe giebt. Berechnet man nach Anbringung der Correctionen die Werthe von k, so sind die Unterschiede in diesen Zahlen geringer, als sie in der Tabelle (Seite 417) angegeben sind. Ich habe diese Correctionen wirklich angebracht und gefunden, dafs dann k, soweit die Beobachtungsfehler erlauben, constant ist. Wie schon erwähnt, werde ich in einer späteren Abhandlung diese Zahlen nachliefern.

Aus den Beobachtungen von Hoppe-Seyler die Diffusionsconstante mit einiger Genauigkeit zu berechnen, ist mir nicht gelungen. Hoppe hat nur ungefähr den dritten Theil des Diffusionskastens mit concentrirter Lösung gefüllt, und die Beobachtungen nicht so lange fortgesetzt, dafs an dem oberen Rande des Gefäfses schon eine beträchtliche Menge des diffundirenden Körpers angekommen wäre. Die Form der Curven, welche Hoppe nach den Versuchen II. an Rohrzucker construirte, stimmt mit den von mir gefundenen Curven vollkommen überein.

Durch meine Untersuchungen glaube ich den Weg gebahnt zu haben, mit grofser Leichtigkeit jede Frage über den Diffusionsvorgang beantworten zu können. Meine weiteren Beobachtungen in dieser Richtung sollen seyn:

1. Bestimmung der Diffusions-Constante für die übrigen Substanzen, welche die Polarisationsebene drehen, nach der in dieser Abhandlung gebrauchten Methode.

2. Bestimmung dieser Constante auch für andere Substanzen durch Beobachtung der Brechungscoefficienten mit

einem Instrument, welches dem von Steinheil für die Bierprobe vorgeschlagenen nachgebildet ist.

3. Untersuchung der Diffusion von Gemengen, wenn einer der gelösten Körper die Polarisationsebene dreht.

4. Einfluſs der Temperatur auf die Diffusions-Constante.

5. Aufsuchung der osmotischen Gesetze mit Hülfe der schon für Diffusion angewendeten Methoden.

Die Hauptresultate der vorliegenden Untersuchung sind folgende:

1. Die von Graham gefundenen Verhältniſszahlen des Diffusionsvermögens verschiedener Substanzen können nicht ganz richtig seyn, weil die Diffusionsproducte nicht proportional den Diffusions-Constanten sind.

2. Die Diffusion erfolgt bei Rohr- und Traubenzucker innerhalb der Beobachtungsfehler dem Flächeninhalt, der Concentrationsdifferenz zweier benachbarten Schichten und der Zeit proportional.

3. Der Einfluſs der Zähigkeit ist also jedenfalls so gering, daſs den Versuchen eine gröſsere Genauigkeit gegeben werden müſste, um denselben nachzuweisen.

4. Die Diffusions-Constante, d. h. die Salzmenge, welche beim Beharrungszustand in einem Tag durch einen Querschnitt von 1 □ Cent. flieſsen würde, wenn die Höhe des ganzen Diffusionsgefäſses 1 Cent. wäre und an seinen Enden der Concentrationsunterschied von 1 Grm. stattfände, ist für Rohrzucker bei einer Temperatur von 14 bis 15° C. 0,3144 und für Traubenzucker bei derselben Temperatur 0,3180.

Carlsruhe, im November 1866.

IV. *Ueber binoculares Sehen;* von *Wilhelm von Bezold.*

Vor Kurzem hat der Verfasser in der Zeitschrift für Biologie[1]) einige Abhandlungen veröffentlicht, welche das Sehen mit zwei Augen zum Gegenstande haben. Die vorliegenden Zeilen bezwecken, den Hauptinhalt derselben in gedrängter Form darzulegen. Einige einleitende Worte wurden hinzugefügt, um auch dem mit der einschlägigen physiologischen Literatur weniger vertrauten Leser das Verständnifs zu ermöglichen.

An eine Theorie des doppeläugigen Sehens stellt man vor Allem eine doppelte Forderung. Sie mufs einerseits das Zustandekommen einer einfachen körperlichen Wahrnehmung durch das Zusammenwirken beider Augen beim Sehen erklären, anderseits aber auch von den unter gewissen Umständen auftretenden Doppelbildern Rechenschaft geben. Zur Erreichung dieses Zieles hat man vorzugsweise zwei Wege eingeschlagen. Der eine wurde von J. Müller betreten, und beruht auf dem von ihm aufgestellten Principe der Identität der Netzhäute. Er sagt nämlich; die Punkte beider Netzhäute entsprechen sich paarweise in der Art, dafs die Reizung zweier solcher einander entsprechender, oder wie er sie deshalb nennt, »identischer« Punkte immer eine einfache, die Reizung nicht identischer Punkte jederzeit eine doppelte Wahrnehmung hervorruft. Identisch sind jene Punkte, auf welchen bei parallelen Gesichtslinien[2]) ein unendlich entfernter Punkt, also z. B. ein Stern, bei Betrachtung des Himmels sich abbildet.

Sucht man nun, gestützt auf dieses Princip, den geome-

1) Herausgeg. v. Buhl, Pettenhofer usw. Bd. I. S. 169, ff. Ebenda S. 237, ff. Bd. II, S. 187, ff.

2) Unter Gesichtslinie versteht man nach Helmholtz jene Gerade, welche die Stelle des deutlichsten Sehens, die *fovea centralis*, mit dem auf ihr sich abbildenden Objectivpunkte verbindet.

trischen Ort der Punkte, welche sich bei beliebiger Lage des Fixationspunktes auf identischen Netzhautpunkten abbilden, und demnach einfach erscheinen müssen, so findet man im Allgemeinen eine Curve mit mehreren Zweigen[1]), welche man den *mathematischen Horopter* nennt. Alle nicht auf ihm gelegenen Punkte müssen, wenn die Theorie genau richtig ist, im Doppelbilde erscheinen, und zwar mit um so gröfserem Abstande, je weiter die beiden Bildpunkte auf der Doppelnetzhaut von einander entfernt sind, wobei man unter Doppelnetzhaut den Inbegriff beider Netzhäute versteht, wenn man sie so aufeinander gelegt denkt, dafs die identischen Punkte zur Deckung kommen.

Die Erfahrung lehrt nun, dafs der scheinbare Abstand der Doppelbilder wirklich der Entfernung der entsprechenden Bildpunkte auf der Doppelnetzhaut proportional ist, sobald diese Entfernung gewisse Gränzen, die »Gränzdistanzen«, überschreitet. Bleibt sie unterhalb dieser Gränzen, so erscheint das Object einfach, auch wenn es nicht im mathematischen Horopter liegt. Man nennt deshalb im Gegensatze hierzu den Ort aller Punkte, welche erfahrungsmäfsig einfach wahrgenommen werden, den empirischen Horopter. Die eben angeführte Thatsache zeigt, dafs das Princip jedenfalls nicht in voller Strenge gültig ist. Doch wufste man den Widerspruch zu beseitigen, indem man annahm, dafs man nur dem fixirten Gegenstande seine Aufmerksamkeit zuwende, und deshalb die nebenher auftretenden Doppelbilder einfach vernachlässige.

Trotz dieses etwas wunden Fleckes und trotz des mifslungenen Versuchs mit Hülfe des Mikroskopes eine Verbindung der zu identischen Stellen führenden Nervenfasern zu entdecken, und so dem ganzen Princip eine anatomische Grundlage zu geben, behauptete es doch lange Zeit das Feld, und diente während einer Reihe von Jahren als einziger Ausgangspunkt für alle Untersuchungen auf diesem Gebiete.

1) Helmholtz, Arch. f. Ophthalm. Bd. X. E. Hering, Beiträge zur Physiologie. Hankel, Poggend. Ann. Bd. 122.

Anders gestalteten sich die Ansichten seit Wheatstone durch seine geniale Erfindung des Stereoskopes gerade in der Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder das wesentliche Moment für das Zustandekommen der körperlichen Wahrnehmung kennen lehrte. Die stereoskopischen Versuche zeigten, dafs auch Punkte, welche sich auf nicht genau identischen Stellen abbilden, einfach wahrgenommen werden können, und dafs mithin das Identitätsprincip wenigstens nicht in seiner vollen Schärfe richtig ist.

Da nun hiedurch der Satz erschüttert war, suchte man ihn gleich ganz umzustofsen, und man bemühte sich sogar zu beweisen, dafs es möglich sey, auch mit identischen Punkten doppelt zu sehen[1]). Nach E. Hering's Arbeiten müssen jedoch sämmtliche hierauf zielenden Versuche als mifslungen bezeichnet werden. Die erste meiner eigenen Abhandlungen hatte den Zweck die Unhaltbarkeit derselben wo möglich noch weiter darzuthun.

Den Gegnern der Identitätslehre lag es nun ob, das von ihnen verworfene Princip durch ein anderes zu ersetzen. Sie thaten diefs, indem sie die folgende Annahme machten. Die Ursache des Reizes, den eine Netzhautstelle erfährt, sucht man unwillkürlich in der Geraden, welche die gereizte Stelle mit dem Objecte verbindet, d. h. man verlegt »projicirt« sie in Gedanken nach aufsen, und zwar in eine gewisse Fläche[2]), welche durch den Fixationspunkt geht, und Projectionsfläche genannt wird. Giebt man nun diesen Satz zu, so folgt von selbst daraus, dafs nur Punkte, welche in dieser Fläche liegen, einfach gesehen werden, alle näheren und entfernteren Objecte hingegen, deren Projectionslinien die Fläche in zwei getrennten Punkten schneiden, im Doppelbilde erscheinen.

Diese Erklärung setzt voraus, dafs man durch das so-

1) Siehe A. Nagel: das Sehen mit zwei Augen. — Wundt: Henle u. Pfeuffer. Zeitschrift f. rat. Med. 3. Reihe, Bd. 12.

2) Nagel spricht eigentlich von zwei Flächen, da diese jedoch im Allgemeinen sehr nahe aneinander zu liegen kommen, so können wir sie hier getrost durch eine einzige ersetzt denken, ohne principiell irgend etwas an der Betrachtung zu verändern.

genannte Muskelgefühl mit der gröfsten Schärfe über die Stellung der Augen belehrt werde.

Will man auch das Zustandekommen der körperlichen Wahrnehmung unter denselben Gesichtspunkt bringen, so ist man zu der Annahme gezwungen, dafs in Fällen, wo eine kleine ideale Verschiebung der nach aufsen projicirten Netzhautbilder aus der Projectionsfläche genügt, um ein einfaches Bild zu erzielen, eine solche wirklich vorgenommen, d. h. die Projectionslinien in Gedanken bis zu ihrem wirklichen Schnittpunkte gezogen werden. Da aber trotz der Anwendung von Prismen, welche eine bedeutende Abweichung der Gesichtslinien von der Normalstellung bedingen, dennoch Einfachsehen stattfinden kann, und da ferner Stereoskopbilder innerhalb sehr weiter Grenzen ohne alle Rücksicht auf die vorhandene Augenstellung zur Vereinigung kommen, so ist man zu der weiteren Annahme genöthigt, dafs in solchen Fällen das Muskelgefühl aufser Thätigkeit gesetzt, »alienirt« sey.

Die Projectionslehre zeichnet sich demnach keineswegs durch Einfachheit vor der älteren Identitätstheorie aus. Denn, wenn sie auch, gleich jener, im Stande ist, das Auftreten von Doppelbildern zu erklären, so bedarf sie doch hiezu der Hypothese der Projectionsflächen, einer Annahme, welche durch die Thatsache[1]), dafs ein durch doppeläugige Fixation erzeugtes Nachbild niemals in zwei zerlegt wird, auch wenn seine scheinbare Gröfse auf's Unzweifelhafteste darthut, dafs es *nicht* in jene Flächen verlegt wird, tief erschüttert wird. Um die körperliche Wahrnehmung zu erklären, mufs sie ganz ebenso wie die Identitätslehre auf ihre volle Schärfe verzichten, und Ausnahmsfälle zulassen. Die stereoskopischen, sowie die bei Benutzung von Prismen auftretenden Erscheinungen erfordern zu ihrer Begründung abermals einer Hülfshypothese, und endlich ruht die ganze Lehre auf der Annahme eines höchst ausgebildeten Muskelgefühles. Diese letztere Voraussetzung wird jedoch durch die Versuche über die Beurtheilung der Entfernung in

1) Hering Beiträge S. 150.

Fällen, wo man nur auf dieses Gefühl angewiesen ist, keineswegs unterstützt.

Die Projectionslehre hat an die Stelle eines höchst einfachen, wenn auch noch nicht zur Evidenz erhärteten Princips eine Reihe von Hypothesen gesetzt, so dafs es Wunder nehmen mufs, wie ihre Aufstellung jemals als Fortschritt bezeichnet werden konnte.

Diese Betrachtungen veranlafsten den Verfasser zu dem Versuch, das Identitätsprincip durch einige kleine Modificationen mit den Thatsachen in Einklang zu bringen. Vor allem mufs man natürlich hierbei die Untersuchungen von Panum[1]) und Volkmann[2]) berücksichtigen, nach welchem zwar auch Punkte, welche sich auf differenten Netzhautpunkten abbilden, einfach gesehen werden, jedoch nur so lange der Abstand derselben auf der Doppelnetzhaut gewisse Grenzen nicht übersteigt. Dieses Factum aber steht mit dem Identitätsprincipe im Einklang, sobald man von »correspondirenden Stellen« anstatt von »identischen Punkten« spricht.

Diese Fassung des Satzes ist ohnehin schon viel naturgemäfser und wahrscheinlicher, als die schärfere auf mathematische Punkte bezügliche. Nimmt man ja sogar bei monocularer Betrachtung Punkte nur dann getrennt wahr, wenn die Entfernung ihrer Bilder gewisse Gränzen überschreitet: in wie viel höherem Grade mufs dieſs für Bilder auf den verschiedenen Netzhäuten gelten. Das Princip verliert demnach in Wahrheit hierdurch keineswegs an Schärfe, sondern indem man es mit der speciellen oben erwähnten Thatsache in Einklang bringt, gewinnt es zugleich eine Gestalt, welche allen physiologischen Vorstellungen und Analogieen weit besser entspricht, als die ursprüngliche.

Gleichzeitig fällt hiermit auch der Einwand, dafs man im Allgemeinen so selten Doppelbilder wahrnehme. Sucht man nämlich unter Zugrundelegung der durch die Erfahrung bestimmten Gränzdistanzen den geometrischen Ort al-

1) Physiol. Untersuch. üb. d. Sehen mit zwei Augen.
2) Arch f. Ophth. Bd. V, Abth. II, S. 1, ff.

ler einfach gesehenen Punkte, den sogenannten »empirischen Horopter«, so findet man einen Raum von sehr beträchtlicher Ausdehnung, während nur innerhalb einer die Gesichtslinien ziemlich enge umschliefsenden Fläche Doppelbilder wahrgenommen werden können. Bekanntlich stimmt diefs genau mit Beobachtungen überein, welche schon vor Jahren von Vieth[1]) veröffentlicht wurden.

Ich habe für den Fall horizontal gestellter Gesichtslinien und einen in der Medianebene liegenden Fixationspunkt *F* die Frage mathematisch behandelt, und nach meinen Formeln die von Volkmann, Solger[2]) und mir gemachten Messungen über die Grenzdistanzen zur Construction der Curven in Fig. 14, Taf. V, verwerthet. In dieser Zeichnung ist *F* der Fixationspunkt, *HH* ein Stück des mathematischen Horopters, *Fk* und *Fk'* sind die Gesichtslinien, *B*, *V*, *S* die Durchschnitte der äufseren und *B'*, *V'*, *S'* die der inneren Begränzungsfläche des empirischen Horopters mit der Horizontalebene. *B* und *B'* sind nach meinen eigenen, *V* und *V'* nach Volkmann's, *S* und *S'* nach Solger's Messungen construirt, und zwar sind die zur Construction benutzten Punkte für den ersten Fall auf der linken, für die beiden letzteren auf der rechten Seite von *CF* bemerkt. *CF* ist die halbe Entfernung des Fixationspunktes von dem Mittelpunkte der die beiden Augencentren verbindenden Geraden. Die ganze Zeichnung ist in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Gröfse ausgeführt. Fig. 15 hingegen stellt den Durchschnitt der beiden Flächen mit der verticalen Medianebene in $\frac{1}{4}$ der natürlichen Gröfse dar. *HH* ist hier die verticale Horopterlinie, *A* liegt nach der Seite der Augen zu.

Diese Figuren zeigen, dafs schon bei sehr mäfsiger Entfernung des Fixationspunktes der Raum, in welchem allein Doppelbilder wahrgenommen werden können, aufserordentlich beschränkt ist, und überdiefs so staltet, dafs unter den gewöhnlichen Verhältnissen nur sehr selten Objecte in

1) Gilbert's Annalen, Bd. 58.
2) Arch. f. Ophthalm. Bd. V, Abtheil. 2, S. 1, ff.

denselben zu liegen kommen, da man thatsächlich dieß unwillkürlich zu vermeiden sucht.

Kehrt man den Satz um, so kommt man zu dem anderen, schon ohnehin leicht verständlichen, daß unter den gewöhnlichen Verhältnissen die Bilder aller Punkte auf nahezu identische Stellen fallen. Und zwar wird der Abstand der einem und demselben Objectpunkte entsprechenden Bilder auf der Doppelnetzhaut im Allgemeinen in horizontalem Sinne weit beträchtlicher seyn, als in vertikalem. Da außerdem das Auftreten gekreuzter und gleichnamiger Doppelbilder gleiche Wahrscheinlichkeit für sich hat, so ergiebt sich als weiteres Resultat: die ein und demselben Objectpunkte entsprechenden Bilder fallen im Durchschnitt auf correspondirende Punkte.

Sollte nun ein solcher fortgesetzt gleichzeitiger Gebrauch solcher Stellen zu gleichem Zwecke nicht hinreichen, jenen eigenthümlichen Zusammenhang zwischen denselben zu erklären, dessen Ausdruck das Identitätsprincip ist?

Für die Wichtigkeit dieser Anschauung spricht vor Allem der Umstand, daß die Empfindlichkeit für Doppelbilder in horizontalem Sinne weit geringer ist als in verticalem, ferner die außerordentlich rasche Zunahme dieser Empfindlichkeit bei fortgesetzten Versuchen mit Doppelbildern, außerdem aber eine Reihe von Analogien, aus den verschiedensten Gebieten sensitiver und motorischer Thätigkeit. Ich erinnere z. B. an den Versuch mit dem Kügelchen, welches zwischen verschränkten Fingern doppelt wahrgenommen wird, an eine Reihe von Erscheinungen, welche man bei Anfängern im Klavierspiele, oder bei gymnastischen Uebungen beobachten kann, an die sogenannte relative Accommodation usw. Vielleicht dürften auch jene Fälle von inveterirtem Schielen, welche man bisher als Folgen einer sogenannten Incongruenz der Netzhäute anzusehen gewohnt war, von dem eben dargelegten Gesichtspunkte aus die naturgemäßeste Erklärung finden.

Es fragt sich jedoch schließlich noch, ob auch die stereoskopischen Erscheinungen mit der gemachten Annahme

vereinbar sind. Bei Behandlung dieses Punktes muſs man vor allem auf eine genaue Scheidung der Begriffe *Empfindung*, *Wahrnehmung* und *Vorstellung* dringen, da die Vermischung derselben groſse Verwirrung hervorgerufen hat.

Die den Menschen umgebenden Gegenstände bringen auf seine Sinne Eindrücke hervor, welche als *Empfindungen* zum Bewuſstsein kommen. Indem man denselben Gegenständen öfters begegnet, empfängt man immer wieder dieselbe Summe von Empfindungen. Diese werden nach und nach mit Hülfe des Gedächtnisses als zusammenhängende Ganze aufgefaſst, und so entstehen die *Vorstellungen* von den Dingen, denen man alsdann gewisse Merkmale als Kennzeichen beilegt. Tritt man nun nach gebildeter Vorstellung einem Dinge wieder gegen über, so wird die Summe von Empfindungen unmittelbar ohne weitere bewuſste Denkthätigkeit mit der Vorstellung zu einer *Wahrnehmung* verbunden. Empfindungen sind denkbar, ohne gleichzeitige darauf bezügliche Vorstellungen, Vorstellungen ohne gleichzeitige Empfindungen; Wahrnehmungen hingegen fordern beides zugleich.

Wenn man einen Körper mit beiden Augen betrachtet, oder in ein Stereoskop blickt, so bildet man sich nicht nur eine Vorstellung von dem Gegenstande — hiezu würde eine lineare Zeichnung, ja sogar eine Beschreibung, auch genügen — sondern der sinnliche Eindruck ruft die Vorstellung sofort in so zwingender Weise hervor, daſs beide gleichzeitig als *eine* einzige Wahrnehmung zum Bewuſstseyn kommen. Man stellt sich den Körper nicht nur vor, man hat nicht nur einen Lichteindruck, sondern man *sieht* den bestimmten Körper. Aehnlich verhält es sich mit den Tastwahrnehmungen. Wenn man einen Körper von bekannter Beschaffenheit irgendwie berührt, mit der Hand faſst, so wird man sich der einzelnen Empfindungen nicht mehr getrennt bewuſst, sondern man nimmt ein Tau, einen Stab, eine Billardkugel usw. sofort als solche wahr, wenn auch kein anderer Sinn auſserdem zu Hülfe kommt.

Dieſs vorausgeschickt, erscheint die Thatsache, daſs die

in beiden Augen entworfenen Bilder zu einer einzigen körperlichen Wahrnehmung verschmolzen werden, keineswegs auffallend, und niemand wird es nach solchen Betrachtungen mehr nöthig erachten, nach einer anatomischen Verbindung zwischen den sogenannt correspondirenden Punkten zu suchen. Warum sollte nicht hierdurch eben so gut eine einfache Wahrnehmung hervorgerufen werden, als dieſs durch die beiden einander gewöhnlich zugekehrten Hautstellen zweier benachbarten Finger geschieht, welche ein und denselben Gegenstand berühren?

Von dem eben aufgestellten Gesichtspunkte aus bedarf die Erklärung des Zustandekommens der körperlichen Wahrnehmung durch doppeläugiges Sehen nur der einzigen Annahme, *daſs der Eindruck, den die Reizung zweier benachbarter Stellen der Doppelnetzhaut hervorbringt, unter allen Umständen von der gegenseitigen Lage dieser Stellen abhängt, selbst dann, wenn sie einander so nahe liegen, daſs die hervorgerufene Wahrnehmung eine einfache ist.*

Giebt man nur zu, daſs der Eindruck auch bei verschmolzenen Doppelbildern[1]) ein verschiedener ist, je nachdem man es mit einem gekreuzten oder ungekreuzten Doppelbilde von gröſserem oder geringerem Abstande zu thun hat, so ist die Erfahrung vollkommen hinreichend, um das stereoskopische Sehen zu erklären.

Da nämlich Punkte, welche jenseits des Fixationspunktes (streng gesprochen, jenseits des Längshoropters) liegen, immer gleichnamige, dieſsseits desselben gelegene, ungleichnamige Doppelbilder hervorbringen, so muſs man allmählich durch die Erfahrung dahin kommen, mit dem Eindrucke eines gleichnamigen aber verschmolzenen Doppelbildes die Vorstellung eines entfernteren, mit dem eines gekreuzten die eines näheren Gegenstandes zu verbinden. Die Oeffnung des Doppelbildes wird hierbei ein Maaſs für die gröſsere oder geringere Entfernung abgeben.

1) Man gestatte mir, von Doppelbildern zu sprechen, sobald man es nur mit zwei Bildern auf der Doppelnetzhaut zu thun hat, ohne Rücksicht darauf, ob die Wahrnehmung wirklich eine getrennte ist oder nicht.

Hiermit glaube ich, das Zustandekommen der körperlichen Wahrnehmung im Wesentlichen erklärt zu haben; dafs aufserdem noch andere Umstände, wie z. B. die Luftperspective, oder die Stellung der Augenaxen, wenigstens in untergeordneter Weise, von Einfluſs sind, ist bekannt.

Es wurden mithin durch diese Untersuchung die folgenden Resultate gewonnen:

1. Unter den gewöhnlichen Umständen werden die Bilder der meisten zu gleicher Zeit sichtbaren Gegenstände auf nahezu identischen Stellen entworfen.

2. Dieser fortgesetzt gleichzeitige Gebrauch zu gleichem Zwecke berechtigt, das eigenthümliche Verhalten dieser Stellen als ein Erworbenes zu betrachten. Diese Anschauung wird aufserdem noch durch verschiedene andere Gründe unterstützt.

3. Von diesem Gesichtspunkte aus bietet auch die Erklärung der doppeläugigen Tiefenwahrnehmung keine Schwierigkeit, wenn man nur zugiebt, dafs der Eindruck, welchen ein, zu einer Wahrnehmung verschmolzenes Doppelbild macht, verschieden ist, je nachdem es gekreuzt oder gleichnamig und mehr oder weniger geöffnet ist.

V. *Vorläufige Notiz über die Ableitung der Krystallgestalten aus den Grundstoffen mittelst der optischen Atomzahlen;* von *Dr. Albrecht Schrauf in Wien.*

(Aus des Verf. Physikalischen Studien mitgetheilt.)

In mehreren meiner früheren Untersuchungen habe ich den Causalnexus hervorgehoben der zwischen der molecularen Anordnung der Materie und der Fortpflanzung des Lichts besteht. Die Formel lautet transformirt:

$$u^2 = 1 + ZGD\left[X_0 + C\left(\frac{N}{\lambda}\right)^2\right],$$

worin ZG Zahl und Gröfse der Atome, X, die verzögernde Kraft, D die Dichte, N das Dispersionsvermögen bedeutet. Das Product ZGX, wird auch als Refractionsvermögen M. bezeichnet, und ist letzteres bekannt, so folgt auch daraus der Werth von ZG, da allen Forschungen gemäfs X, für die Einheit der Masse aller Stoffe gleich angenommen werden kann.

Bekanntlich ist mir gelungen, durch Zusammenstellen zahlreicher optischer Beobachtungen die Werthe der Refractionsaequivalente $\mathfrak{M} = PM$ für eine grofse Reihe von Grundstoffen abzuleiten.

Der Werth von $\mathfrak{M}$ für Wasserstoff ist gleich 0,00405; legt man denselben allen übrigen Werthen der Grundstoffe als Einheit zu Grunde, so erhält man die von mir mit dem Namen reducirte Refractionsaequivalente $[\mathfrak{M}]$ bezeichneten Zahlen.

Aus dem in den bisherigen Zeilen entwickelten Zusammenhang zwischen ZG, M, $[\mathfrak{M}]$, erhellt, dafs $\frac{[\mathfrak{M}]}{p}$ den relativen Werth der optischen Atome darstellt, unter der Voraussetzung, dafs ZG (Wasserstoff) = 100 gesetzt wird. Die durch diese Untersuchungen bekannt gewordenen Atomzahlen (ZG) repräsentiren somit die relative Molecularconstitution der einzelnen Grundstoffe für aequivalente Massen.

Sollen diese nun der Wahrheit entsprechen, so müssen vor Allem die ähnlichen Stoffe auch eine ähnliche Bildungsweise oder einen gesetzmäfsigen Gang ihrer Atomzahlen haben; denn entsteht die *Qualität* der Materie nur durch Atomgruppirung aus der *einheitlichen* Masse, so mufs sich dies in den Zahlen ZG erkennen lassen.

Und diesen Verhältnissen entsprechend zeigen auch die erwähnten optischen Atomzahlen bei näherer Vergleichung die sehr wichtige Thatsache, dafs dieselben für ähnliche chemische Grundstoffe entweder gleiche oder multiple Reihen bilden. Es tritt hier derselbe Fall ein, wie bei den Forschungen der theoretischen Chemie über relative Raumerfüllung oder über specifische Wärme.

Es spricht sich wohl bereits in obiger Zusammenstellung die Analogie und der gesetzmäfsige Gang der Atomzahlen aus, berücksichtigt aber, nicht wie Kremers, blos die Differenz der Atomgewichte, sondern auch die Verhältnisse, welche in der *Isomorphie* zur Geltung gelangen; so könnte man nachfolgende Reihen, welche sowohl in ihrem chemischen als physikalischen Charakter sehr nahe stehen, aufstellen. Ein Blick auf die bereits in diesen Annalen Band 127 S. 344 zusammengestellten Atomzahlen wird genügen, um die früheren Behauptungen bezüglich der atomistischen Gruppirung zu bekräftigen[1]). Die beigefügten Factoren machen die Bildung der Reihen als Factoriellen deutlich.

Die Uebereinstimmung der Zahlen in ihrem multiplen Verhältnifs ist, wenn man von den etwa vorkommenden Fehlern absieht, eine so auffallende, dafs man berechtigt ist anzunehmen, *die Molecüle von ähnlichen Elementen werden entweder aus gleicher Anzahl der physikalischen Atome — bei im einfach multiplen Verhältnifs variirender Gröfse derselben — oder aus gleich grofsen Atomen, aber in multipler Anzahl gebildet.*

Dieser Satz genügt, um die Qualität der Materie zu erklären. Die Quantität, welche in den Aequivalenten sich ausspricht, zeigt nach den Forschungen von Dumas ähnliche Relationen. Und letztere führen, um die Quantität zu erklären, zur Hypothese, dafs den Molecülen der verschiedenen Elemente, proportional den Aequivalenten, eine Verdichtung zukomme. Und so führen beide Erwägungen zur *Einheit* der Materie.

Die nach den Aehnlichkeiten erfolgte Gruppirung der Grundstoffe ergiebt das überraschende Resultat, dafs deren Atomzahlen Reihen mit aufsteigenden Factoren aus der Reihe der natürlichen Zahlen bilden.

Da ferner die in Gruppen vereinten Stoffe zumeist iso-

1) An der betreffenden Stelle S. 346 ist für *ZG* (Titan) statt 56,55 zu setzen 63,00, wie man durch näheres Eingehen in die Originalarbeit sich überzeugen kann.

morph krystallisiren, so ist hierdurch eine Thatsache zur Erklärung des *Homöomorphismus* gewonnen.

Homöomorphismus und analoge Moleculargruppirung wird nämlich in jenen Fällen eintreten können, in welchen die optischen Atome der vicariirenden Bestandtheile in einfachem multiplem Verhältnifs stehen.

Die krystallographischen Beobachtungen geben nämlich nur die relativen Dimensionen des Krystalls, d. i. eines höheren Complexes (analog Haüy und Huyghens) aus den bestimmenden, von den Elementen gebildeten Grundmolecülen. Mögen nun auch letztere für isomorphe Körper nicht absolut gleiche, hingegen multiple axiale Dimensionen haben, so kann der höhere Molecularcomplex in beiden Fällen der gleiche seyn.

Aber die optischen Atome ermöglichen noch weiter die Bildung des Krystallmolecüls aus den Elementen.

Analog dem oben Gesagten wird das Grundmolecül axiale Dimensionen[1]) besitzen müssen, welche mit den beobachteten des Krystalls in möglichst einfachem Verhältnifs, für wichtige Fälle in dem Verhältnifs von 1 : 1 stehen und gleichzeitig aus den Atomen der im Krystall auftretenden Grundstoffe gebildet seyn sollen.

Die optischen Atomzahlen zeigen, wie bekannt, Zahl und Gröfse der im Element auftretenden Atome an; — bedenkt man ferner, dafs für die Lagerung der Atome im Molecül nur diejenige von drei verticalen Axen[2]) angenommen werden kann, — so mufs das Verhältnifs der Atomzahlen der auftretenden Elemente jenem der Krystallaxen entsprechen.

Dafs diese Erklärung der Krystallbildung zutrifft, will ich durch einige binäre Beispiele erklären. Höhere Complexe der Grundstoffe bieten nicht so leicht übersichtliche Verhältnisse dar.

1) Im Nachfolgenden wird die Axe c vertical und $a > b$ gesetzt; für orthohexagonal ist $a = \sqrt{3}$, $b = 1$.

2) Es ist diese Annahme die einzige, welche consequent durchgeführt jede Willkühr beseitigt. Es zeigt sich zugleich die Nothwendigkeit des von mir aufgestellten orthohexagonalen Krystallsystems.

Anatas TiO_2 pyramidal.

$c = \frac{1}{2}Ti = 31.4 \quad a = b = O = 12.2$

$a : a : c = 12.25 : 12.25 : 31.5$

$= 1 : 1 : 2.5738$

beobachtet $= 1 : 1 : 2.5129$

$\tan\left(\frac{c}{a}\right) = 68°\,46'$ beobachtet (001)(111) $= 68°\,18'$.

Zinnstein Sn_2O_4 pyramidal.

$\frac{1}{2}c = Sn = 16.3 \quad a = O_2 = 24.4$

$a : a ; c = 24.4 : 24.4 : 16.3$

$= 1 : 1 : 0.6667$

beobachtet $= 1 : 1 : 0.6725$

$\tan\left(\frac{c}{a}\right) = 33°\,42'$ beobachtet (001)(101) $= 33°\,55'$.

Quarz Si_3O_6 hexagonal[1]).

$c = Si_3 = 62.34 \quad a = O_4 = 49 \quad \frac{1}{2}b = \frac{1}{3}(SiO_2) = 27.83$

$a : b : c = 49 : 27.83 : 62.34$

$= 1.7607 : 1 : 2.2038$

beobachtet $= 1.732 : 1 : 2.200$

$\tan\left(\frac{a}{c}\right) = 51°\,50'$ beob. (001)(201) $= 51°\,47'$

$\tan\left(\frac{a}{b}\right) = 60°\,24'$ beob. (100)(110) $= 60°\,0'$

Corund Al_2O_3 hexagonal.

$c = Al + O \quad a = Al = 21.14 \quad \frac{1}{3}b = \frac{1}{3}(O_3) = 12.25$

$a : b : c = 21.14 : 12.25 : 33.39$

$= 1.722 : 1 : 2.7360$

beobachtet $= 1.732 : 1 : 2.7260$

$\tan\left(\frac{a}{c}\right) = 57°\,40'$ beob. (001)(201) $= 57°\,34'$

$\tan\left(\frac{a}{b}\right) = 59°\,54'$ beob. (100)(110) $= 60°$.

1) Der Vereinfachung und Kürze halber wird im Nachfolgenden das Rhomboëder (201) wie (101) behandelt, daher c verdoppelt oder umgekehrt b halbirt.

Valentinit Sb_2O_3 prismatisch.

$c = Sb + O = 43.7$ $a = Sb = 31.5$ $\frac{1}{2}b = \frac{1}{2}(O_3) = 12.25$

$a : b : c = 31.5 : 12.25 : 43.7$

$= 2.5715 : 1 : 3.5645$

beobachtet $= 2.5365 : 1 : 3.5855$

$\tan\left(\frac{a}{b}\right) = 68° 45'$ beob. $(100)(110) = 68° 29'$

$\tan\left(\frac{c}{a}\right) = 54° 13'$ beob. $(001)(101) = 54° 44'$

$\tan\left(\frac{b}{c}\right) = 15° 40'$ beob. $(010)(011) = 15° 35'$

Die beiden letzten Fälle zeigen zugleich an, wie Körper von gleicher chemischer Formel gleiche Molecularlagerung besitzen und doch in verschiedenen Systemen krystallisiren können, weil letzteres durch die Gröfse der Atome bedingt wird.

Auch die klinischen Krystallsysteme werden sich von nahe orthogonalen Grundmolecülen ableiten lassen unter der Voraussetzung, dafs das Verhältnifs der Axen nicht ein Doma, sondern die geneigten Endflächen selbst betrifft. Ebenso werden sich die Hemimorphien erklären lassen durch die an den Polen verschiedene Atomlagerung usw. Ja man kann dann die physikalischen Eigenschaften schliefslich von der Lagerung der Elemente im Atom, verbunden mit der Gruppirung der Grundmolecüle zum Krystall, abhängig machen.

Alle diese Probleme der Krystallphysik werden in einer späteren Untersuchung ihre Erörterung finden.

VI. *Ueber die Theorie der Stromverzweigung bei der oscillatorischen elektrischen Entladung und die „äquivalente Länge" des Hrn. Direktor Knochenhauer;*

von B. W. Feddersen.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Berichten d. K. Sächs. Gesells. d. Wiss. mit einem Zusatz.)

Die Theorie der elektrischen Flaschenentladung ist bekanntlich zuerst im Allgemeinen von W. Thomson gegeben, darauf aber eingehender von Kirchhoff entwickelt worden. Durch meine über die elektrische Flaschenentladung angestellten Beobachtungen, so wie durch die darüber geführten Rechnungen von Kirchhoff[1]) scheint ihre Anwendbarkeit gesichert. Ich will nun versuchen, sie auch auf den Fall der elektrischen Stromtheilung anzuwenden und erlaube mir, hauptsächlich an die Kirchhoff'schen Arbeiten anzuknüpfen. Die Untersuchungen über die Bewegung der Elektricität in Drähten haben genannten Forscher auf eine Differentialgleichung geführt, welche die Elektricitätsbewegung bei Entladung der Leidner Flasche bestimmt.

Bedeutet nämlich i die Stromstärke im Schliefsungsbogen zur Zeit t, ferner W den *Widerstand* des Schliefsungsbogens, A die *elektrodynamische Constante*[2]) desselben und

1) Pogg. Ann. Bd. 121. S. 551.

2) Die Gröfse A ist nach Kirchhoff

$$= \frac{8}{c^2} \iint \frac{ds\, ds'}{r} \cos\Theta \cos\Theta'$$

wo c die Geschwindigkeit ist, mit welcher zwei Elektricitätstheilchen sich gegen einander bewegen müssen, um keine Wirkung mehr auf einander ausüben zu können, ds und ds' zwei verschiedene Elemente des Schliefsungsbogens von der relativen Entfernung r, Θ und Θ' ihre respectiven Neigungswinkel gegen die Linie r bedeuten, und die beiden Integrationen über die ganze Länge des Schliefsungsbogens auszudehnen sind.

W. Thomson nennt die Gröfse A *elektrodynamische Capacität*.

$V^{(i)} - V^{(a)}$ den Unterschied der Potentialwerthe an den Enden des Schliefsungsbogens, so ist:

$$Wi + A\frac{di}{dt} = 2\,(V_{(i)} - V_{(a)})$$

oder in Worten ausgedrückt: die elektromotorische Kraft, welche der augenblicklichen Stromstärke entspricht, vermehrt um die Summe der elektromotorischen Kräfte, welche durch die Zunahme des Stromes in allen Theilen des Schliefsungsbogens erregt werden, ist in jedem Zeitmoment gleich derjenigen Kraft, welche durch den Potentialunterschied an den beiden Enden des Schliefsungsbogens bestimmt ist.

Der Potentialwerth für das mit der inneren Flaschenbelegung verbundene Ende des Schliefsungsbogens ist in irgend einem Augenblick während der Entladung $V_{(i)}$; wie der Werth an den einzelnen Stellen eines beliebigen Schliefsungsbogens zur selben Zeit beschaffen ist, wissen wir nicht, allein wir sind berechtigt anzunehmen, dafs er sich in continuirlicher Weise dem Werthe von $V_{(a)}$ nähert, wenn wir Punkte eines homogenen, continuirlichen, in weitem Bogen ausgespannten Schliefsungsdrahtes in Betrachtung ziehen, welche auf einander folgend der äufseren Belegung näher liegen.

Welcher Potentialwerth übrigens für die einzelnen Punkte der Leitung gelten mag, so mufs doch in jedem Augenblick für jeden Punkt ein bestimmter Werth gelten. Wenn wir daher ein bestimmtes Stück des Schliefsungsbogens einer gesonderten Betrachtung unterwerfen, so können wir die Potentialwerthe an den beiden Enden $v_{(i)}$ und $v_{(a)}$ nennen. Nehmen wir an, dafs die Inductionswirkungen dieses Stückes auf den übrigen Schliefsungsbogen, und umgekehrt, verschwindend klein sind, gegen die Inductionswirkungen jedes Theiles auf sich selber, [1]) so können wir

1) Diese, so wie dieselbe auch für Zweige des Schliefsungsbogens gemachte Annahme wird den bei Versuchen sich darbietenden Verhältnissen niemals vollkommen entsprechen, allein wenn die in Rede stehenden Theile des Schliefsungsbogens nicht aus dicht neben einander ausgespannten

eine der obigen analoge Differentialgleichung auch für das betrachtete Stück bilden, nämlich:

$$w\,i + a\frac{di}{dt} = 2\,(v_{(i)} - v_{(o)}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

wo i denselben Werth hat wie oben, w und a dagegen respective den *Widerstand* und die *elektrodynamische Constante* des betrachteten Stückes bedeutet, während $v_{(i)} - v_{(o)}$ den *Unterschied der Potentialwerthe* an den Enden desselben angiebt.

Diese einleitenden Betrachtungen führen uns den Weg zur Lösung des in der Ueberschrift angedeuteten Problems. Haben wir nämlich an einer Stelle des Schliesungsbogens eine Theilung der Entladung zwischen den Zweigen I und II mit den Widerständen w_1 und w_2, so wie mit den elektrodynamischen Constanten a_1 und a_2, so wird dort, wo sich die Zweige trennen, der Potentialwerth $v_{(i)}$, dort, wo sie sich wieder vereinigen, $v_{(o)}$ gelten. Können wir nun die Wirkungen, welche durch die Induction zwischen den beiden Zweigen, so wie zwischen jedem Zweige und dem übrigen Schliefsungsbogen auftreten, als verschwindend klein betrachten gegen die Induktionswirkungen jedes Theiles auf sich selber, so dürfen wir folgende Differentialgleichungen aufstellen:

$$\left.\begin{aligned} w_1\,i_1 + a_1\frac{di_1}{dt} &= 2\,(v_{(i)} - v_{(o)}) \\ w_2\,i_2 + a_2\frac{di_2}{dt} &= 2\,(v_{(i)} - v_{(o)}) \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Wenn wir eine auch von Kirchhoff gebrauchte Annahme machen, dafs nämlich in allen übrigen Theilen des Schliessungsbogens gleichzeitig dieselbe Stromstärke i stattfindet, so kann offenbar in jedem Augenblick durch die Zweige nur diejenige Elektricitätsmenge entweichen, welche auch durch den Querschnitt des Stammdrahtes fliefst. Wir haben daher:

$$i_1 + i_2 = i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Drähten, oder in einander geschobenen Drahtrollen bestehen, vielmehr als gesonderte Systeme anzusehen sind, so dürfte eine solche Annahme zur Vereinfachung der Betrachtungen wohl erlaubt seyn.

Aus 2 in Verbindung mit 3 folgt dann:

$$\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}i_1+\frac{di_1}{dt}-\frac{w_2}{a_1+a_2}i-\frac{a_2}{a_1+a_2}\frac{di}{dt}=0 \quad . \quad (4)$$

In dieser Gleichung können wir i und $\frac{di}{dt}$ angeben, vorausgesetzt, das wir wissen, ob wir es mit der oscillatorischen oder der continuirlichen Entladung zu thun haben. Die Bedingung der oscillatorischen Entladung ist nach Thomson und Kirchhoff, dafs die Gröfse

$$\sqrt{\frac{4}{A\beta}-\frac{W^2}{4A^2}}$$

welche wir der Abkürzung wegen mit α bezeichnen wollen, reell sey, und die Stromstärke für diesen Fall:

$$i=\frac{4Q}{\alpha A\beta}e^{-\frac{W}{2A}t}\sin\alpha t$$

wo Q die Elektricitätsmenge in der Flasche beim Beginn der Ladung bedeutet, β diejenige Elektricitätsmenge, mit welcher die Flasche geladen seyn mufs, damit der Unterschied der Potentiale 1 beträgt,[1]) während W und A die oben schon genannte Bedeutung haben.[2])

Substituiren wir nun i und seinen Differentialquotienten nach t in die Gleichung (4), so erhalten wir eine Differentialgleichung, welche sich nach t integriren läfst, und wo die Integrationsconstante aus der Bedingung

$$i_1=0 \text{ für } t=0$$

gefunden wird. Die Ausführung dieser Operationen liefert

1) Thomson gebraucht für $\frac{1}{2}\beta$ den Ausdruck *Capacität*.

2) Es dürfte zweckmäfsig seyn, an dieser Stelle schon darauf aufmerksam zu machen, dafs die als Widerstand bezeichnete Constante, wenn es sich um irgend einen einzelnen Draht handelt, nichts Anderes ist, als der *galvanische* Widerstand dieses Drahtes, dafs dagegen der Widerstand eines ganzen Zweigsystems bei oscillatorischer elektrischer Bewegung nicht ohne Weiteres als der bekannte *galvanische* Widerstand des Systems angesehen werden darf. Die gebräuchliche Herleitung des Widerstandes für ein Zweigsystem bei galvanischen Strömen ist nämlich bei oscillirenden Strömen nicht zulässig. Vergl. unten S. 449.

einen Ausdruck für die Stromstärke, welche in irgend einem Augenblick in dem Zweige I herrscht, nämlich:

$$= \frac{4Q}{\alpha A\beta}\cdot\frac{1}{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}-\frac{W}{2A}\right)^2+\alpha^2}\left\{\alpha\frac{a_2w_1-a_1w_2}{(a_1+a_2)^2}\left(e^{-\frac{W}{2A}t}\cos\alpha t-e^{-\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}t}\right)+\right.$$

$$\left.+\frac{a_2\left(\frac{4}{A\beta}-\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{W}{2A}\right)+w_2\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}-\frac{W}{2A}\right)}{a_1+a_2}e^{-\frac{W}{2A}t}\sin\alpha t\right\}. \quad (5)$$

und für den Zweig II denselben Ausdruck nur mit vertauschten Indices.

Betrachten wir uns das Resultat etwas näher, so sehen wir, dafs sich folgende Bemerkung machen läfst: Der Verlauf der elektrischen Entladung in den beiden Zweigen ist von solcher Art, als wenn der ursprüngliche Entladungsstrom i aus zwei über einander gelagerten Wellen bestände, wovon sich die eine, nämlich:

$$\frac{4Q}{\alpha A\beta}\frac{1}{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}-\frac{W}{2A}\right)^2+\alpha^2}\cdot\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}-\frac{W}{2A}\right)e^{-\frac{W}{2A}t}\sin\alpha t$$

im umgekehrten Verhältnifs zu den Widerständen, die andere, nämlich:

$$\frac{4Q}{\alpha A\beta}\frac{1}{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}-\frac{W}{2A}\right)^2+\alpha^2}\left(\frac{4}{A\beta}-\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{W}{2A}\right)e^{-\frac{W}{2A}t}\sin\alpha t$$

im umgekehrten Verhältnifs zu den elektrodynamischen Constanten zwischen den beiden Zweigen theilte, aufserdem aber noch eine selbstständige Welle, nämlich:

$$\frac{4Q}{A\beta\left\{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}-\frac{W}{2A}\right)^2+\alpha^2\right\}}\cdot\frac{a_2w_1-a_1w_2}{(a_1+a_2)^2}\left\{e^{-\frac{W}{2A}t}\cos\alpha t-e^{-\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}t}\right\}$$

in dem geschlossenen Kreise cursirte, welchen die beiden Zweige zusammen bilden.

Es hält nun nicht schwer aus (5) auch die Werthe

$$\int_0^\infty i_1\,dt \text{ und } \int_0^\infty i_2\,dt$$

so wie die Werthe

$$\int_0^\infty i_1^2\,dt \text{ und } \int_0^\infty i_2^2\,dt$$

zu berechnen. Eine solche Berechnung ist deswegen von Interesse, weil die ersten beiden Integrale den Ausschlägen proportional sind, welche zwei gleiche in die Zweige I und II eingeschaltete *Galvanometer* geben würden, die beiden folgenden Integrale aber den Erwärmungen proportional sind, welche zwei identische Prüfungsstellen, also z. B. zwei gleiche in den Zweigen I und II befindliche *Luftthermometer* zeigen würden.

Führen wir die Rechnung aus, so finden wir nach einigen einfachen Induktionen;

$$\int_0^\infty i_1\,dt = Q\,\frac{w_2}{w_1+w_2} \text{ und } \int_0^\infty i_2\,dt = Q\,\frac{w_1}{w_1+w_2}$$

Diese beiden Gleichungen drücken aus, dafs die Elektricität aus einer geladenen Batterie am Ende der Entladung im umgekehrten Verhältnifs der galvanischen Widerstände durch die Zweige entwichen ist, dafs demgemäfs die Galvanometerbeobachtungen in den Zweigen eines Schliefsungsbogens bei oscillatorischer Entladung keine Resultate geben können, welche sich nicht auch mit den älteren und noch jetzt in manchen Lehrbüchern gebräuchlichen Annahmen über Stromstärke, Entladungszeit usw. bei dem elektrischen Flaschenstrom vertragen. Damit übereinstimmend sind die Resultate des Versuchs.

Das Integral aus dem Quadrate der Stromstärke liefert zunächst keine so einfache Formel, wir erhalten nämlich durch die Integration:

$$\int_0^\infty i_1^{\,2}dt = \frac{16\,Q^2}{A^2\beta^2\left\{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\right)^2-\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{W}{A}+\frac{4}{A\beta}\right\}^2}\times$$

$$\times\left\{\left(\frac{a_2w_1-a_1w_2}{(a_1+a_2)^2}\right)^2\left(\frac{\frac{W^2}{4A^2}+\frac{4}{A\beta}}{\frac{W}{A}\cdot\frac{8}{A\beta}}-\frac{2\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}+\frac{W}{A}}{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\right)^2+\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{W}{A}+\frac{4}{A\beta}}+\frac{1}{2}\cdot\frac{a_1+a_2}{w_1+w_2}\right)+\right.$$

$$+2\frac{a_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{a_2w_1-a_1w_2}{(a_1+a_2)^2}\left(\frac{4}{A\beta}-\left(\frac{w_2}{a_2}+\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\right)\frac{W}{2A}+\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{w_2}{a_2}\right)\times$$

$$\times\frac{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\right)^2+\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{W}{A}-\frac{12}{A\beta}}{\frac{16}{A\beta}\left\{\left(\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\right)^2+\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{W}{A}+\frac{4}{A\beta}\right\}}+$$

$$\left.+2\left(\frac{a_2}{a_1+a_2}\right)^2\left[\frac{4}{A\beta}-\left(\frac{w_2}{a_2}+\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\right)\frac{W}{2A}+\frac{w_1+w_2}{a_1+a_2}\cdot\frac{w_2}{a_2}\right]^2\frac{1}{\frac{W}{A}\cdot\frac{16}{A\beta}}\right\}\quad\ldots\quad(6).$$

Ohne weitere Annahmen über die Werthe der Constanten zu machen, läfst sich hieraus kein bestimmter einfacher Schluſs ziehen, in welcher Weise sich die Wärmeentwicklung auf zwei gleiche Luftthermometer in den Zweigen vertheilt.

Kirchhoff hat für die Entladung einer grofsen Batterie von 3, $^{\square M}2$ innerer Belegung und etwa $4\frac{1}{2}^{mm}$ Glasdicke durch den von mir s. Z. gebrauchten, 1343^{M} langen (annähernd als gradlinig zu betrachtenden) Kupferdraht von $1,^{mm}35$ Durchmesser ausgerechnet, dafs $\frac{W^2}{4A^2}$ nur etwa den $\frac{5}{10000}$ Theil von $\frac{4}{A\beta}$ beträgt. Da dies Verhältnifs nach der Theorie sowohl proportional mit der Batterieoberfläche, als auch einigermafsen annähernd proportional mit der Leiterlänge abnimmt, so kann man wohl annehmen, dafs in den meisten Fällen, wo im Laboratorium mit metallischem Leitungsdraht an der Leidner Flasche experimentirt wird, und nicht grade Glüh- und Zerstäubungsversuche gemacht werden, (bei denen der Gesammtwiderstand des Schliefsungsbogens während der Entladung eine unbekannte jedoch wahrscheinlich bedeutende Veränderung erleidet,) die oscillatorische Entladung es ist, welche im Schliefsungsbogen auftritt. Ja, man wird sogar berechtigt seyn, im Allgemeinen dann, wenn keine sehr dünnen und langen Drähte aus schlecht leitendem Material oder gar beträchtliche Flüssigkeitswiderstände im Schliefsungsbogen angebracht sind, die Gröfse $\frac{W^2}{A^2}$ gegen $\frac{1}{A\beta}$ als verschwindend klein anzusehen.

Diese Annahme wollen wir in unserm Falle machen, aufserdem aber noch voraussetzen, dafs auch die Gröfsen

$$\left(\frac{w_1}{a_1}\right)^2 \text{ und } \left(\frac{w_2}{a_2}\right)^2 \text{ gegen } \frac{1}{A\beta}$$

ohne merklichen Fehler vernachlässigt werden dürfen. Dann finden wir:

$$\int_0^\infty i_1^2\, dt = \frac{2Q^2}{W\beta}\left(\frac{a_2}{a_1+a_2}\right)^2\left(1+\frac{1}{4}\frac{a_1}{a_2}\cdot\frac{a_1}{a_1+a_2}\cdot\frac{w_2}{w_1+w_2}\cdot\frac{w_2}{a_2}\cdot W\beta\right).$$

Fügen wir noch die Bedingung hinzu, dafs $\frac{a_1}{a_2}$ eine der Einheit einigermafsen nahe liegende Zahl ist, so erhalten wir, indem dann nach eben gemachten Voraussetzungen auch das mit $\frac{a_1}{a_2}$ multiplicirte Glied innerhalb der Parenthese gegen 1 annähernd verschwindet, für die in den Zweigen I und II an identischen Prüfungsstellen entwickelte Wärme die einfachen Ausdrücke:

$$\int_0^\infty i_1^2 dt = \frac{2Q^2}{W\beta}\left(\frac{a_2}{a_1+a_2}\right)^2 \text{ und } \int_0^\infty i_2^2 dt = \frac{2Q^2}{W\beta}\left(\frac{a_1}{a_1+a_2}\right)^2 . \quad (7)$$

das heifst, dafs sich unter den gemachten Voraussetzungen *die Erwärmungen in den Zweigen umgekehrt verhalten wie die Quadrate der elektrodynamischen Constanten dieser Zweige.*

Es hält nicht schwer auch für die Vertheilung der Erwärmung bei Vorhandensein von mehreren Zweigen einfache Näherungswerthe anzugeben, vorausgesetzt, dafs alle Zweige solchen Bedingungen genügen, wie sie vorher für I und II aufgestellt sind.

Nehmen wir z. B. einen Zweig III mit der elektrodynamischen Constante a_3 und bringen ihn neben I und II in die Leitung, jedoch so, dafs er an der einen Seite noch das unendlich kleine Stück ε des Stammdrahtes mit umfafst, so würde für eine Prüfungstelle in ε der Ausdruck der Erwärmung

$$\frac{2Q^2}{W\beta}\left(\frac{a_3}{a_3+f(a_1\,a_2)}\right)^2$$

seyn, wenn wir die elektrodynamische Constante für das *System* der beiden Zweige I und II durch die unbekannte Funktion $f(a_1\,a_2)$ bezeichnen. Benutzen wir nun, dafs bei identischen Prüfungsstellen nach (7) die Erwärmung in einem Stammdrahte sich zu den Erwärmungen in zwei Zweigen verhalten mufs, wie

$$1 : \left(\frac{a_2}{a_1+a_2}\right)^2 : \left(\frac{a_1}{a_1+a_2}\right)^2$$

so erhalten wir für die Erwärmung in I den Ausdruck

$$\frac{2Q^2}{W\beta}\,\frac{a_2^2a_3^2}{(a_1+a_2)^2(a_3+f(a_1a_2))^2}$$

Dieser Ausdruck mufs offenbar seinen Werth behalten, wenn wir Zweig II so anbringen wie vorher III und umgekehrt, weil dadurch (indem wir das unendlich kleine Stück s aufser Acht lassen können) im Grunde nichts geändert wird. Da der Ausdruck durch eine solche Vertauschung die Form

$$\frac{2Q^2}{W\beta}\,\frac{a_2^2a_3^2}{(a_1+a_3)^2(a_2+f(a_1a_3))^2}$$

annimmt, so mufs die Gleichung

$$a_1a_3+(a_1+a_2)f(a_1a_2)=a_1a_3+(a_1+a_3)f(a_1a_3)$$

bestehen. Da jedoch a_2 und a_3 zwei von einander unabhängige Variable sind, so zerfällt diese Gleichung wiederum in zwei, woraus wir mit Hinzunahme der leicht als richtig zu erkennenden Beziehung $f(a_2\,0)=0$ finden:

$$f(a_1\,a_1)=\frac{a_1a_2}{a_1+a_2}.$$

Hiermit erhalten wir die allgemeinen Ausdrücke für die Erwärmung in den einzelnen Zweigen, für I nämlich:

$$\int_0^\infty i_1^{\,2}dt=\frac{2Q^2}{W\beta}\left(\frac{a_2a_3}{a_1a_2+a_1a_3+a_2a_3}\right)^2$$

und die entsprechenden für II und III, wie aus dem Ausdruck für I auch durch Vertauschung der Indices hervorgehen.

In ähnlicher Weise kann man Ausdrücke für die Erwärmungen in vier oder mehr Zweigen ableiten, und findet dabei, dafs dieselbe Rolle, welche in der Formel für die Erwärmung bei galvanischer Stromtheilung der Widerstand spielt, hier von der elektrodynamischen Constante übernommen wird.

An dieser Stelle möchte ich noch auf einen Schlufs in Bezug auf die Erwärmung im Stammdrahte eines Schliefsungsbogens mit zwei Zweigen aufmerksam machen. Bezeichnet man den Widerstand, welchen der elektrische

Strom in der Batterie, im Funkenraum und im Stamm des Schliefsungsbogens (also im ganzen Schliefsungskreise, die Strecke der Verzweigung ausgenommen) findet, mit W_0, so wird *vor Anbringung des Zweiges* II die in allen jenen Theilen entwickelte *Wärmemenge* entsprechend dem Joule'schen Erwärmungsgesetz und der Thomson-Kirchhoff'schen Theorie

$$\Theta = \frac{2 W_0 Q^2}{(W_0 + w_1)\beta}$$

betragen. Hat man dagegen die Enden der Strecke I durch den Zweig II mit einander verbunden, so haben wir die Wärmemenge

$$\Theta' = \frac{2 W_0 Q^2}{W \beta}$$

wo W wie früher den Widerstand des ganzen Schliefsungskreises bezeichnet. Da nun die *gesammte* bei einer Entladung entwickelte Wärmemenge *ceteris paribus* vor und nach Anbringung des Zweiges II gleich ist, nämlich

$$\frac{2 W_0 Q^2}{(W_0 + w_1)\beta} + \frac{2 w_1 Q^2}{(W_0 + w_1)\beta} = \frac{2 W_0 Q^2}{W \beta} + \frac{2 Q^2}{W \beta} \cdot \frac{a_2^2 w_1 + a_1^2 w_2}{(a_1 + a_2)^2},$$

so folgt, indem

$$W = W_0 + \frac{a_2^2 w_1 + a_1^2 w_2}{(a_1 + a_2)^2}$$

seyn mufs, dafs Θ' kleiner seyn kann als Θ, oder mit anderen Worten, dafs durch Anbringung eines Zweiges die Erwärmung im Stamm herabgesetzt werden kann.[1]) Als Bedingung einer solchen Herabsetzung haben wir $W > W_0 + w_1$ oder

$$a_1 w_2 > (a_1 + 2 a_2) w_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Es zeigt sich demnach, dafs die Formeln, welche aus dem Ohm'schen Gesetz für den galvanischen Strom im verzweigten Schliefsungsbogen abgeleitet werden, bei der Flaschenentladung keine allgemeine Gültigkeit haben;[2])

1) Vergl. einen hiermit in Zusammenhang zu bringenden Versuch von Riefs, in dessen »Lehre von der Reibungselektricität« § 488.

2) Unter besondern Umständen kann es bei Versuchen den Anschein gewinnen, als wenn die galvanischen Formeln der Erwärmung im ver-

daſs der Widerstand eines Zweigsystemes bei der oscillatorischen elektrischen Entladung verschieden seyn kann von dem Widerstand dieses Systemes für galvanische Ströme.

Von experimenteller Seite hat Herr Direktor Knochenhauer (in Meiningen) unstreitig das Verdienst, zuerst bestimmt nachgewiesen zu haben, daſs die Uebertragung der galvanischen Formeln auf die elektrische Entladung in einer groſsen Zahl von Fällen nicht statthaft sey.[1]) Derselbe ist übrigens noch weiter gegangen, er hat aus seinen zahlreichen Beobachtungen, und zwar zuerst aus denen bei der Stromtheilung (welche ich hier allein berücksichtigen werde), ein Gesetz für diese Stromtheilung abgeleitet,[2]) welches wahrscheinlich schon früher mehr beachtet worden wäre, wenn nicht überhaupt, vielleicht in Folge Uebertragung besonderer Anschauungen in dieses Gebiet der Elektricitätslehre, bei manchen Experimentatoren eine Versuchs- und Darstellungweise Platz gegriffen hätte, welche einem nicht von demselben Gesichtspunkte ausgehenden Leser das Verständniſs auſserordentlich erschwert.

Knochenhauer hat theils in Poggendorff's Annalen, theils in den Wiener Akademieberichten die bezüglichen Versuche veröffentlicht. Er beobachtet im Allgemeinen folgender Maſsen: er bildet an einer Stelle des metallischen Schlieſsungsbogens aus einigen Kupferdrähten, so wie je einen Lufthermometer zwei gleiche Zweige, und schaltet dann in dem einen Zweige den zu untersuchenden, grade ausgespannten oder in irgend einer Weise gewundenen Draht von beliebigem Material ein, in dem anderen

zweigten Schlieſsungsbogen auch bei entschieden oscillatorischer Entladung Gültigkeit hätten; dann nämlich, wenn die elektrodynamischen Constanten der verschiedenen Zweige ihren zugehörigen Widerständen nahezu proportional bleiben. Vergl. einige, wie es scheint hierhin gehörige Versuche von Rieſs, Pogg. Ann. Bd. 63, S. 496 u. f.

1) Vergl. z. B. Pogg. Ann. Bd. 60, S. 70 u. f. (1843.)

2) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 82.

dagegen eine solche Länge »gestreckten« Kupferdrahtes von bestimmter Dicke, dafs die Thermometerangaben in beiden Zweigen gleich werden.[1]) Die Länge dieses Kupferdrahtes nennt er nun die »compensirte Länge« oder später die *»äquivalente Länge«* für das untersuchte Drahtstück. Auch für den constanten Theil der beiden Zweige leitet er aus seinen Beobachtungen eine bestimmte »äquivalente Länge« ab und zeigt unter einer grofsen Zahl von Versuchen, dafs für den Fall ungleicher Zweige, die Erwärmung sich zwischen beiden Zweigen im umgekehrten Verhältnifs zu den Quadraten ihrer »äquivalenten Längen« theilt, wenn man für die »äquivalente Länge« jedes Zweiges die Summe der durch den Versuch ermittelten äquivalenten Längen der einzelnen Theile setzt.

Es mag anfangs von untergeordnetem Interesse geschienen haben, dafs ein bestimmter Ausdruck in die Wissenschaft eingeführt wurde, der, selbst erst aus den Beobachtungen abgeleitet, zunächst nur dazu zu dienen schien, diese Beobachtungen darzustellen, allein die Bedeutung dieser Gröfse ist in einer grofsen Zahl von Fällen eine weitergreifende. Ich will sogleich an den neuesten Aufsatz Knochenhauer's (Pogg. Ann. Bd. 127 S. 593) anknüpfen, wo derselbe seine Bestimmungen der »äquivalenten Länge« an einer Anzahl von Drahtrollen bei verschiedenen Combinationen in derselben Weise veröffentlicht hat, wie er sie mir vor meinen (in demselben Aufsatze mitgetheilten) Beobachtungen über die Oscillationsdauer bei Entladung durch eben diese Rollen übersendete. Als wesentlicher Inhalt dieses Aufsatzes resultirt: dafs die Oscillationsdauer proportional der Quadratwurzel aus der *»äquivalenten Länge«* des Schliefsungsbogens ist, vorausgesetzt, dafs die Oscillationsdauer bei Entladung einer und derselben Batterie gemessen wird. Aus der Thomson-Kirchhoff'schen Theorie hat sich ergeben, dafs unter den gewöhn-

1) Sind die Thermometer nicht, wie hier vorausgesetzt wird, genau gleich, so werden solche Erwärmungen hervorgerufen, dafs dieselben dem Falle der Gleichheit entsprechen.

lichen Verhältnissen einer elektrischen Flaschenentladung durch einen gut leitenden metallischen Schliefsungsbogen die Oscillationsdauer

$$\tau = \tfrac{1}{2}\pi \sqrt{A\beta}$$

ist. *Wir finden uns daher veranlafst, die »äquivalente Länge,« welche sich unabhängig von der Gröfse der Batterie zeigte, als einen Ausdruck für die elektrodynamische Constante des Leiters anzusehen.* Wir wollen versuchen, hierauf auch andere Beobachtungen Knochenhauer's zu prüfen. Erinnern wir uns an den von Kirchhoff gegebenen Ausdruck für die elektrodynamische Constante und überlegen wir, wie der Werth, welchen sie unter verschiedenen Umständen annimmt, mit den Knochenhauer'schen Resultaten übereinstimmt.

Die elektrodynamische Constante mehrerer hinter einander verbundener Leiterstücke kann gleich der Summe ihrer einzelnen elektrodynamischen Constanten gesetzt werden, wenn die Inductionswirkungen zwischen je zwei Drähten verschwindend klein sind gegen die Induktionswirkung jedes Drahtes auf sich selbst; diese Bedingung ist annähernd erfüllt, wenn die Dicke jedes Drahtes des in möglichst weitem Bogen ausgespannten Leiters gegen die Länge dieses Stückes sehr klein ist; vollständiger, wenn die einzelnen Theile Spiralen sind, welche man mit ihren Axen senkrecht zu einander stellt. Es läfst sich demnach gegen die beabsichtigte Ausdehnung der vorher aufgestellten Behauptung daraus wohl kein Einwand bilden, dafs Knochenhauer die Addition der »äquivalenten Länge« meistens[1]) erlaubt findet, um die »äquivalente Länge« der hinter einander verbundenen Drähte zu erhalten.

Die elektrodynamische Constante eines Drahtes ist mit abnehmender Dicke desselben nur schwach zunehmend. Dasselbe findet Knochenhauer für die »äquivalente Länge« (Vergl. z. B. Pogg. Ann. Bd. 60 S. 243).

1) Die Versuche mit sehr schlecht leitenden Drähten erfordern eine besondere Besprechung; s. unten.

Die elektrodynamische Constante vergröfsert sich, wenn man Theile des vorher gerade ausgespannten Drahtes gegen einander in der Weise einbiegt, dafs der Strom in den nahe liegenden Theilen gleichlaufend fliefst; sie verkleinert sich, wenn der Strom in den nahe liegenden Theilen entgegen gerichtet ist. Ebenso die äquivalente Länge (Vergl. z. B. Wiener Sitzungsber. Bd. 36 S. 432 oder Bd. 44 S. 259.)

Die oben abgeleiteten Formeln (7) für die Erwärmung im Zweige des Schliefsungsbogens sind entsprechend schon von Knochenhauer Pogg. Ann. Bd. 61 S. 82 gegeben worden, und die oben unter (8) gefundene Bedingung für den Eintritt einer Wärmeabnahme im Stamm des Schliefsungsbogens nach Anbringung eines Zweiges an letzterem findet sich in derselben Form a. a. O. S. 89.

Dafs man überhaupt die Aenderung[1]) der elektrodynamischen Constante bei Veränderung zweier schon vorhandener Zweige in vielen Fällen nicht unpassend durch eine Längenänderung ausdrückt, leuchtet schon ein, wenn man den Werth der elektrodynamischen Constante einmal für einen speciellen Fall ermittelt. Man findet nämlich leicht aus der schon von Kirchhoff für einen graden Draht gegebenen Formel, dafs die Zunahme, welche die elektrodynamische Constante eines gestreckten Drahtes durch Verlängerung desselben erfährt, um so annähernder dieser Verlängerung proportional ist, je gröfser seine ursprüngliche Länge im Verhältnifs zur hinzugefügten war.

Ist man nach Diesem geneigt, das, was Knochenhauer »äquivalente Länge« eines Leiters nennt, als einen Ausdruck für die elektrodynamische Constante desselben anzusehen, so müfste man sich doch im einzelnen Falle vorsehen, wenn man die von Knochenhauer bei seinen verschiedenen Untersuchungen gefundenen Zahlenwerthe wirklich benutzen wollte, theils weil die Form und Anbringung der Drähte selten klar ersichtlich ist, theils weil

1) Diese ist ja eigentlich bei Knochenhauers Versuchen zunächst die Bedeutung seiner »äquivalenten Länge.«

die oben gegebenen einfachen Formeln nur dann eine ausreichende Gültigkeit haben, wenn die Quadrate der Gröfsen $\frac{W}{A}$, $\frac{w_1}{a_1}$ etc. gegen $\frac{1}{A\beta}$ vernachlässigt werden dürfen und $\frac{a_1}{a_2}$ der Einheit einigermafsen nahe liegt. Diese letzte Bedingung ist zwar bei Knochenhauer's Versuchen im Allgemeinen mehr als nöthig erfüllt, allein dafs es die vorhergehenden nicht immer sind, dafür sprechen zahlreiche Versuche des genannten Experimentators mit schlecht leitenden Drähten.

Für gestreckte sehr schlecht leitende Drähte findet Knochenhauer die »äquivalente Länge« gröfser als ihre natürliche Länge. (Vergl. z. B. Pogg. Ann. Bd. 60 S. 243.) In der That berechnet man aus Formel (6) den Ausdruck der Erwärmung in I und II unter der Voraussetzung, dafs in Folge eines grofsen Widerstandes in II nur die höheren Potenzen von $\left(\frac{w_2}{a_2}\right)A\beta$ gegen 1 vernachlässigt werden dürfen, so findet man bei Annahme $a_1 = a_2$ (für welche Annahme andernfalls die Erwärmungen gleich ausfallen müfsten) dafs

$$\int_0^\infty i_1^{\,2}dt > \int_0^\infty i_2^{\,2}dt$$

dafs also dem gut leitenden Zweige noch ein Drahtstück hinzugesetzt werden mufs, um die Erwärmungen gleich zu machen und den Einfluss des schlecht leitenden Materials in II zu compensiren.

Die (zu grofs gefundene) »äquivalente Länge« schlecht leitender Drähte sieht Knochenhauer abnehmen, wenn er die beiden Zweige um gleiche Stücke eines gut leitenden Drahtes verlängert. (Wiener Sitzungsberichte, Bd. 36, S. 442.) Die Uebereinstimmung mit der gegebenen Theorie erkennt man bald, wenn man erwägt, dafs durch die Hinzufügung von gut leitendem Draht zu Zweig II in der Gröfse $\frac{w_2}{a_2}$ der Widerstand verhältnifsmäfsig weniger ver-

mehrt wird, als die elektrodynamische Constante, dafs also zur Compensation in I (welche ja wegen nicht hineichender Kleinheit von $\frac{w_2}{a_2}$ eintreten mufste) mit Abnahme von $\frac{w_2}{a_2}$ ein kürzerer Draht genügen wird.

Knochenhauer findet ferner, dafs die »äquivalente Länge« schlecht leitender Drähte sowohl durch Vergröfserung der Batterie als auch durch Vermehrung des Widerstandes im Stamm des Schliefsungsbogens vergröfsert wird.[1]) (Wiener Sitzungsber. Bd. 43, S. 63 und f.) Aus der allgemeinen Formel (6) findet man dem entsprechend, dafs die Ungleichheit der Erwärmung in beiden Zweigen, welche unter der Bedingung $a_1 = a_2$ dann eintrat, sobald $\left(\frac{w_2}{a_2}\right)^2 A\beta$ kein hinreichend kleiner Bruch war, mit β und wenn auch noch $\frac{w_2}{a_2} W\beta$ nur in den höheren Potenzen gegen 1 vernachlässigt werden darf, zugleich mit W zunimmt, dafs also die zur Compensation auf gleiche Erwärmung in I hinzuzufügende Drahtstrecke länger sein mufs, wenn man die Capacität β der Batterie, oder den Gesammtwiderstand W des Schliefsungsbogens vermehrt.

Darf man nun für Knochenhauer's Versuche über die Stromtheilung annehmen, dafs bei der Verwendung von einfachen Induktionsrollen, oder von grade ausgespannten gut leitenden Drähten die »äquivalente Länge« einen genäherten Ausdruck für die elektrodynamische Constante der Drähte liefert, so ist man in den zuletzt erwähnten Fällen zu einer solchen Annahme nicht mehr berechtigt. In solchen, wie überhaupt in allen Fällen, wo sich die »äquivalente Länge« eines unveränderten Drahtcomplexes bei verschiedenartigen Versuchen als veränderlich herausstellt, hören zum Wenigsten die gröfseren Werthe dersel-

1) Für die aus der Theorie abgeleitete Folgerung, dafs die »äquivalente Länge« eines schlecht leitenden Drahtes im Zweige zunimmt, wenn man in dem Stamm des Schliefsungsbogens statt gestreckter Drähte Spiralen einschaltet, erinnere ich mich nicht, in den Knochenhauer'schen Abhandlungen eine bezügliche Beobachtung gefunden zu haben.

ben auf, ein Ausdruck zu seyn, dem man eine allgemeinere physikalische Bedeutung beilegen könnte.

Zusatz.

Bei dieser Gelegenheit möge es mir gestattet seyn, zu dem oben citirten Aufsatze des Herrn Knochenhauer »Ueber die Gültigkeit der äquivalenten Länge etc.«, (diese Annalen, Bd. 127, S. 593) so weit darin von mir gemachten Bestimmungen der Oscillationsdauer bei elektrischen Entladungen veröffentlicht sind, einige Berichtigungen und Erläuterungen zu geben.

Auf Seite 597 sind als »Abtheilung VII« Versuche angegeben, welche darthun, dafs die Oscillationen beim inducirten Strom, in Bezug auf ihre Dauer, denen des erregenden Hauptstromes genau gleich sind und zwar ebensowohl (No. 23), wenn die Länge des Induktionsdrahtes die des Hauptdrahtes wesentlich übertrifft, als auch (No. 25), wenn das Umgekehrte stattfindet. — Bei No. 23 dienten nämlich von 3 Drahtrollenpaaren (in dem betreffenden Aufsatze auch mitunter Doppelpaare oder Glieder genannt) 2 innere Rollen hintereinander verbunden, sammt den etwa 5^m langen Zuleitungen zur Entladung der Batterie, während die beiden dazu gehörigen äufseren Rollen, das dritte Rollenpaar und eine 3^m35 lange Leitung aus $1^{mm}33$ dickem Kupferdraht und Funkenapparat bestehend, (dort Bügel genannt) den Kreis des Inductionsstromes bildeten. — Bei No. 25 waren dagegen 8 Rollenpaare dergestalt zur Entladung verwendet, dafs der Batteriestrom aufser den Zuleitungsdrähten noch bei 7 Paaren die einzelnen 14 Rollen hintereinander und in gleicher Richtung, von dem achten Paare aber nur die innere Rolle durchlief, während die äufsere Rolle dieses Paares mit der $3,^m35$ langen Schliefsung (»Bügel«) den Kreis des Induktionsstromes bildete. — Dem entsprechend ist auf angezogener Seite Zeile 7 v. o. $1,^{mm}33$ statt 173^{mm} und Zeile 13 v. o. r' statt r'' zu lesen.

Auf Seite 598 sind als »Abtheilung VIII« Versuche angegeben, woraus die Wirkung erkannt wird, welche die

Induktion zwischen 2 Rollenpaaren bei verschiedener Stellung gegen einander auf die Oscillationsdauer ausübt, wenn die beiden Rollen je eines Paares stets in gleicher Richtung von dem Strome durchlaufen werden. Dem entsprechend sind die Zeichen hinter dem Worte »Stellung« in No. 27 bis 29 zu ändern. Bei No. 27 mufs nämlich + + gesetzt werden, womit also angezeigt wird, dafs beide Rollenpaare ihre Achse in einer Linie hatten, übrigens in derselben Richtung vom Strome durchlaufen wurden. Bei No. 28, wo in sonst gleicher Lage nur die Stromrichtung in dem einen Rollenpaare umgekehrt war, ist die Stellung durch das Zeichen + — anzudeuten. Bei No. 29 endlich, wo sich die Rollen wie vorher nur nebeneinander befanden, ist das Zeichen ± anzuwenden.

VII. *Ueber die Instrumente und Methoden zur Bestimmung von Vertikal- und Horizontaldistanzen nach Stampfer;*

von G. von Niefsl,

Professor am technischen Institute in Brünn.

Im 129. Bande (Stück 2, No. 10) der »Annalen« findet sich auf Seite 238 eine Abhandlung von C. Bohn, in welcher der Stampfer'schen Methode des Nivellirens und Distanzmessens grobe Ungenauigkeiten, und zwar sowohl in Rücksicht der Theorie als des Baues der Instrumente, vorgeworfen werden, und ein — wie der Verfasser jener Arbeit glaubt — verbessertes Instrument, unter Anwendung einer etwas modificirten Theorie, beschrieben und empfohlen ist.

Einwürfe solcher Art verdienen desto gröfsere Beachtung, je verbreiteter die Annahmen sind, gegen welche sie sich kehren, und es kann deshalb nicht unerwünscht seyn, wenn sie einer sorgfältigen Prüfung unterzogen wer-

den. Hierbei stellt sich dann heraus, dafs, was in der angezogenen Arbeit gegen die Brauchbarkeit der Stampfer'schen Instrumente und Methoden vorgebracht wird, sich auf eine sehr oberflächliche Kenntnifs der ersteren und einen ganz unklaren, ja unrichtigen Begriff der Theorie gründet, und bei gewissenhafter Prüfung als nichtig erkannt werden mufs. Die nachfolgenden Zeilen werden dies zeigen.

Schon auf der zweiten Seite seiner Abhandlung geräth der Verfasser mit »der Kritik der Stampfer'schen Theorie« auf einen falschen Weg, da er annimmt, dafs durch die Bewegungen der Mikrometerschraube am Instrumente die Tangenten der von der Absehlinie beschriebenen Winkel gemessen werden. Von dieser grundfalschen Prämisse geht nun die ganze übrigens unnöthig complicirte Untersuchung aus, und verliert sich in eine Anzahl falscher Schlüsse. Seite 240 bringt jene die ersten bösen Früchte, indem gesagt wird: »Erwägend, dafs die Tangenten stets gröfser sind als die Winkel, sucht Stampfer eine weitergehende Annäherung an die Wahrheit, indem er setzt: etc.«, wodurch für den Winkelwerth zwischen den Scalentheilen 0 und n der Ausdruck $\varphi = an - bn^2$ resultirt.

So wenig sich gegen die Richtigkeit des hier angeführten elementaren Satzes einwenden läfst, eben so wenig Berechtigung hat er, in diesem Falle angewendet zu werden, und man wird in dem Büchlein von Stampfer[1]) vergebens eine Stelle suchen, aus welcher herausgelesen werden könnte, dafs bei seinen Instrumenten durch die Schraube die Tangenten der fraglichen Winkel gemessen werden. Da Hr. Bohn die Stampfer'schen Instrumente, wie es scheint, nur aus der Abbildung kennt, so hätte er doch wenigstens, sobald er sich in eine Kritik derselben einlassen wollte, das erwähnte, von ihm selbst übrigens mehrfach citirte und benutzte Werk sorgfältiger lesen sollen, wobei ihn der § 64 desselben gewifs sogleich auf die rechte

1) Theoretische und praktische Anleitung zum Nivelliren usw. von S. Stampfer.

Bahn gebracht hätte. Auch wäre sodann die ganz ungerechtfertigte Bemerkung, »dafs die Correction bn^2 eine ziemlich willkürlich gewählte sey«, gewifs verschwiegen geblieben, da sich vielmehr sehr leicht theoretisch erweisen läfst, dafs die Relation zwischen Winkel und Schraube die Form $\varphi = an + bn^2 + cn^3 + \ldots$ haben müsse, als Summenformel einer Differenzreihe der 1sten, 2ten oder $r-1^{\text{sten}}$ Ordnung, je nachdem man bei dem 2ten, 3ten oder r^{ten} Gliede stehen bleibt.

Durch die Schraube am Stampfer'schen Instrument werden *nicht* die Tangenten der von der Absehlinie durchlaufenen Winkel gemessen. Die folgende Darstellung wird als Grundlage der weiteren Untersuchungen dies vollkommen klar machen.

Es sey (Fig. 10, Taf. V) C der Drehungspunkt des Fernrohres, dessen optische Axe oder Absehlinie AB; B der Verbindungspunkt der Schraube mit dem Fernrohr, welcher ohne Fehler in der Axe selbst angenommen werden kann, obgleich er etwas tiefer liegt. Die Schraube hängt in B in einem Gelenke, so, dafs sie sich um diesen Punkt bewegen läfst. Die Mutter M ändert beim Gebrauche ihren Platz nicht, sondern zieht die Schraube entweder herab, oder gestattet einer angebrachten Feder, das Ende B nach aufwärts zu drücken. Wenn also AB und $A'B'$ zwei verschiedene Lagen der Absehlinie, BM und $B'M$ der Schraube sind, so müssen B und B' im Umfange eines Kreises liegen, dessen Mittelpunkt C ist, und da das bei dieser Bewegung in Rechnung kommende Stück der Schraube $BM - B'M$ ist, so sieht man beim ersten Blick, dafs durch die Schraube durchaus nicht die Tangenten gemessen werden, sondern dafs diese Differenz bei kleinen Werthen von v sich nicht viel von der Sehne unterscheidet. Es wird später am Platze seyn, diese Beziehungen näher zu untersuchen.

Es soll nun der erste und nach der Ansicht des Herrn Bohn wichtigste Einwurf gegen den Bau der Stampfer'schen Instrumente in Betracht gezogen werden. Auf

Seite 213 (a. a. O.) heifst es nämlich: »Der bisherigen Theorie und ihrer Ableitung liegt aber die stillschweigend gemachte Annahme zu Grunde, die Absehlinie des Fernrohres drehe sich um einen festen Punkt C der ersten Figur, nämlich in der Abhandlung von Bohn. In unsern Figuren steht C an jener Stelle, wo dort A. Allein ein Blick auf das Stampfer'sche Instrument zeigt, dafs gar kein Punkt der Absehlinie fest ist. A, die Drehaxe des Fernrohres und damit der Drehungspunkt der Absehlinie liegt ein beträchtliches Stück aufserhalb der Visirlinie. Bei den Instrumenten, die ich kenne, liegt die Fernrohraxe beiläufig $2\frac{1}{2}$ Zoll unter der Absehlinie. Dieser Umstand hat aber einen leicht zu erkennenden Einfluſs.«

Dieser Einfluſs soll nun untersucht und dabei, da hier der Raum für ausführliche Entwickelungen nicht ist, sogleich sein Maximalwerth bestimmt werden.

Es seyen (Fig. 11, Taf. V) H, O, U drei Punkte der Vertikalen, in welcher die Latte steht, A_1 H, A_2 O und A_3 U drei Lagen der Absehlinie, von welchen die erste mit der letzten den Winkel φ und diese mit der zweiten den Winkel v einschliefst.

Ein Fehler entsteht dadurch, dafs in der Rechnung angenommen wird, die beiden Winkel haben einen gemeinschaftlichen Scheitel. Wird nun v von dem Scheitel b auf a reducirt, so ergiebt sich als Reductionsdifferenz:

$$\Delta v = \Delta aOb.$$

Es sey $aO = D^0$

und annähernd $= aU = aH;$

$$A_1C = A_2C = A_3C = e;$$

$$HU = H,\ OU = d,$$

so hat man

$$A_2a = e\frac{\varphi}{2};\ A_2b = e\frac{v}{2},$$

insofern die Bögen statt der Tangenten gesetzt werden dürfen, somit

$$ab = \frac{e}{2}(\varphi - v),$$

$$ac = ab \sin v = abv = \frac{e}{2}(\varphi - v)v,$$

$$\Delta v'' = \frac{1}{\sin 1''} \frac{e}{2D}(\varphi - v)v.$$

Es soll nun für φ der gröfstmögliche Werth gesetzt werden, (8°), so bleiben noch v und D veränderlich. Nun ist aber genähert:

$$v = \frac{d}{D}, \text{ also}$$

$$\Delta v'' = \frac{1}{\sin 1''} \frac{ed}{2D^2}\left(\varphi - \frac{d}{D}\right)$$

woraus ersichtlich ist, dafs, sobald $\frac{d}{D}$ gegen φ verschwindet, Δv im quadratischen Verhältnisse der Distanzen abnimmt.

Um nun sogleich auf den concreten Fall des Nivellirens überzugehen, möge $A_1 H$ die horizontale Visur, $d = 1$ Klafter seyn, und es soll nun bestimmt werden, für welchen Werth von D Δv ein Maximum werde und wie grofs dieses ausfalle. Eine einfache Rechnung zeigt, dafs das Maximum für $D = \frac{3}{2\varphi} = 10{,}7$ Klftr. stattfindet, wobei für $e = 2{,}5$ Zoll

$$\Delta v = 1{,}5 \text{ Sekunden!}$$

Für $D = 50$ Klftr. ward $\Delta v = 0{,}14$ Sek.

" " $= 100$ " " " $= 0{,}04$ " usw.

In dem Falle des Maximum entsteht in H ein Fehler von nahe

0,00011 Klftr.,

eine auch für das genaueste Nivellement unbedeutende Gröfse.

Nimmt man φ kleiner als 8°, so mufs, so lange sich beide Zieltafeln unter dem Horizonte des Instrumentes befinden, v natürlich immer kleiner als φ bleiben, wonach auch Δv kleiner als der Maximalwerth wird. Befindet sich blos O über der Horizontalen, so mufs φ kleiner als v seyn, ja es kann sogar $= 0$ werden, (wobei aber auch $H = 0$). Nimmt man dann für v den gröfsten Werth, also nahe 8°, und für φ einen sehr kleinen, so kann Δv allerdings einige Sekunden erreichen, aber dann ist wieder H

so klein, dafs der Einfluſs noch geringer wird, als der vorhin angegebene.

Befinden sich O und U über H, so ist

$$\Delta v'' = -\frac{1}{\sin 1''}\frac{e}{2D}(\varphi + v)v$$

$$= -\frac{1}{\sin 1''}\frac{ed}{2D^2}\left(\varphi + \frac{d}{D}\right)$$

wobei $\varphi + v$ höchstens $= 8^0$ seyn kann, und es gilt ganz Aehnliches wie im früheren Falle.

Ist nun der Einfluſs der excentrischen Lage der Absehlinie schon in seinem Maximum so unbedeutend, dafs er auch bei den schärfsten Anforderungen die Genauigkeit des Resultates nicht zu stören vermag, so kann mit voller Berechtigung ausgesprochen werden, dafs er in der gewöhnlichen Verwendung des grofsen Stampfer'schen Instrumentes, bei welcher gewifs in den seltensten Fällen so kurze Distanzen vorkommen, praktisch gleich Null anzunehmen ist.

Was nun die Zulässigkeit der Formel $\varphi = an - bn^3$ betrifft, so wird eine genetische Entwickelung am sichersten alle Zweifel beseitigen (obzwar Stampfer schon versichert, dafs sie die Winkel vollkommen gut bis auf 1 Sekunde darstelle) und zugleich zeigen, dafs dabei die Neigung der Schraube gegen die Vertikale gar nicht in Betracht kommt. Dabei soll jedoch angenommen werden, dafs die Schraube sich immer mit der Latte in derselben vertikalen Ebene befinde. Herr Bohn meint zwar, man hätte beim Stampfer'schen Instrumente kein Mittel dies zu erreichen und keine Garantie, dafs man es erreicht habe. Aber nichts unrichtiger als diese Behauptung. Das Mittel besteht darin, dafs die Umdrehungsebene des Fernrohres horizontal gestellt wird, und die Garantie findet sich, indem bei der Bewegung desselben in vertikaler Richtung durch die Schraube, der Vertikalfaden die vertikalgehaltene Latte stets in gleicher Weise treffen mufs.

In Fig. 12 Taf. V bezeichne AB die äufserste noch mögliche Lage der Absehlinie, wobei die Ablesung nahe

$= 0$: $BM = S$ die Schraube, M die Mutter, und der Einfachheit halber sey $BC = CM = l$. Endlich heifse $dS = s$ die Schraubenlänge, welche der Winkeländerung $dW = w$ entspricht.

Man hat also

$$S = 2l.\sin\tfrac{1}{2}W$$
$$s = dS = l.\cos\tfrac{1}{2}W\,.\,w,$$

hieraus

$$w = \frac{s}{l\,.\,\cos\frac{1}{2}W} \qquad (1).$$

Um die Differenzen der aufeinander folgenden Werthe von w zu finden, hat man nochmals nach W zu differenziren. Doch sollen nun statt dw und dW, Δw und ΔW gesetzt werden, und da ferner ΔW nicht unendlich klein ist, statt W richtiger $W - \frac{1}{2}\Delta W$, (nämlich der Mittelwerth zwischen W und $W - \Delta W$) weil ΔW negativ ist, indem bei zunehmender Ablesung W abnimmt. Dann erhält man

$$\Delta w = -\frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}\left(W - \frac{\Delta W}{2}\right)}{\cos\frac{1}{2}\left(W - \frac{\Delta W}{2}\right)}\,\frac{s}{2l}\,\Delta W \qquad (2).$$

Es fragt sich nun, ob die Werthe von Δw welche sich für die beim Stampfer'schen Instrumente möglichen Annahmen von W ergeben, nahe constant bleiben. Dann würde nämlich die Reihe der w von der ersten Ordnung seyn, und bei der Summirung eine, dem Stampfer'schen Ausdrucke congruente Formel geben.

Wenn die Ablesung auf der Scale Null ist, so beträgt W 19°. Berechnet man nun Δw von Grad zu Grad (wobei also immer $\Delta W = 1°$ und W der Reihe nach $= 19°$ $18° \ldots$ gesetzt wird), so erhält man

zwischen	19°	und	18°	$\Delta w =$	$-0{,}00144$
»	18°	»	17°	» =	$-0{,}00136$
»	17°	»	16°	» =	$-0{,}00128$
»	16°	»	15°	» =	$-0{,}00120$
»	15°	»	14°	» =	$-0{,}00112$
»	14°	»	13°	» =	$-0{,}00104$
»	13°	»	12°	» =	$-0{,}00096$
»	12°	»	11°	» =	$-0{,}00088$

$\cdot\,\frac{s}{l}$

Man findet in diesen Differenzen noch einen constanten Unterschied von $0{,}00008\frac{s}{l}$ welcher ohne weiters vernachlässigt werden kann, so dafs wir für Δw den Mittelwerth $-0{,}00116\ \frac{s}{l}$ annehmen können. Da Δw für *einen Grad* Winkeländerung gilt, und dieser bei dem in Rede stehenden Instrumente ungefähr 5 Skalentheilen entspricht, so beträgt der constante Unterschied des Winkelwerthes von je zweien aufeinanderfolgenden solchen Theilen $\delta = \frac{\Delta w}{5}$ $= -0{,}000232\ \frac{s}{l}$. Bezeichnet nun in Formel (1) s die absolute Länge eines Skalentheiles, und wird für W jener Winkel gesetzt, welcher der Ablesung Null entspricht, so ist $w + \frac{1}{2}\delta$ der Winkelwerth des Skalentheiles zwischen 0 und 1 (da er bei 0, w, bei 1, $w + \delta$ ist) $w + \frac{3}{2}\delta$ des zweiten, $w + \frac{5}{2}\delta$ des dritten, $w + \frac{1}{2}\delta + (n-1)\delta$ des $n$ten Theiles.

Wird demnach bei Messung eines Winkels φ die Schraube von 0 bis n bewegt, so ist

$$\varphi = n(w + \tfrac{1}{2}\delta) + [1 + 2 + 3 + \ldots + (n-1)]\delta$$
$$= n(w + \tfrac{1}{2}\delta) + \tfrac{1}{2}(n^2 - n)\delta$$
$$= wn + \tfrac{1}{2}\delta n^2$$

welcher Ausdruck mit dem Stampfer'schen $\varphi = an - bn^2$ völlig identisch ist, da $w = a$ der Winkelwerth eines Theiles am Nullpunkte und $-b = \frac{1}{2}\delta$ die halbe Differenz des Gangwerthes zweier aufeinanderfolgender Theile ist.

Die Constanten werden natürlich nicht auf diese Art, sondern auf indirectem Wege durch Messung bekannter Winkel gefunden; indessen ergiebt sich, wenn man nun, den Dimensionen des in Rede stehenden Instrumentes gemäfs, $l = 73{,}8'''$ und $s = 0{,}225'''$ in die Formeln für w und δ setzt und φ in Sekunden ausdrückt:

$$\varphi'' = 633\ n - 0{,}0718 n^2$$

wobei also, wie man sieht, selbst die besonderen Werthe sehr gut mit jenen der Stampfer'schen Constanten harmoniren.

Es ist somit der Einwurf, als sey diese Form willkührlich gewählt, vollkommen widerlegt, und bewiesen, dafs sie ganz der Natur der Sache entspricht.

Welchen Einfluſs die Vernachlässigung der zweiten Differenz 0,00008 $\frac{s}{l}$ oder mit anderen Worten, des dritten Gliedes mit n^3, ausübt, kann man leicht berechnen. Er ist verschwindend, wenn die beiden Ablesungen, aus welchen der Winkel folgt, nahe gleichweit zu beiden Seiten der Mitte liegen; er wird am gröfsten, wenn eine Einstellung am Anfang oder Ende und die andere in der Mitte der Skale liegt. Aber auch hier beträgt er, wenn beispielsweise $h = 20$, $o = 1$, $u = 0$ (wo h, o und u die den Einstellungen auf H, O und U entsprechenden Ablesungen sind) gesetzt, also die ungünstigsten Annahmen gemacht werden, nahe $\frac{1}{100000}$ der Distanz, eine Gröfse, welche schon defshalb nicht in Betracht kommen kann, weil bei einem so grofsen Werth des Bruches $\frac{h-u}{o-u}$, aus Gründen, welche in dem Principe der Methode liegen (auch der modificirten des Hrn. Bohn), der nicht zu vermeidende Fehler in der Ermittelung von H, selbst bei der besten Einstellung von Visur und Libelle, mehr als das Zehnfache des Obigen beträgt. Es liegt bekanntlich in dem Wesen dieser Nivellirmethode, dafs die Genauigkeit in der Bestimmung des Höhenunterschiedes im verkehrten Verhältnisse mit diesem abnimmt. Wo man also eine sehr grofse Schärfe erreichen will, wird man sich mit kleineren Werthen des Quotienten $\frac{h-u}{o-u}$ begnügen müssen. Nach der Einrichtung der Instrumente fallen sodann bei regelmäfsiger Aufstellung die Ablesungen nicht an die Enden der Theilung, und unter solchen Verhältnissen wird der gedachte Einfluſs noch kleiner und durchaus verschwindend.

Die vorgebrachten Einwürfe gegen die Methode sowohl, als den Bau der Instrumente sind somit absolut grundlos.

Was nun das Instrument des Herrn Bohn betrifft, so mufs bei aller Achtung, welche die auf einen Fortschritt

gerichteten Bestrebungen verdienen, doch vor dem Betreten eines falschen Weges gewarnt werden. Dafs die Drehungsaxe des Fernrohres durch den optischen Mittelpunkt desselben geht, ist keine Verbesserung, sondern ein für die Praxis, wie ich gezeigt habe, ganz gleichgültiger Umstand. Durch die Schraube, welche die Tangenten der betreffenden Winkel mifst und zu diesem Zwecke mit Hülfe einer besonderen Libelle immer sehr genau vertikal gerichtet werden mufs, ist unnöthiger Weise eine Fehlerquelle herbeigezogen, welche das Stampfer'sche Instrument gar nicht kennt, und welche die Erreichung einer nur mittelmäfsigen Genauigkeit schwer zulassen wird. Wie Herr Bohn selbst ausrechnet, bewirkt eine Abweichung von nur 1 Minute in der Vertikalstellung der Schraube, unter sonst keineswegs ungünstigen Verhältnissen, schon einen Fehler von $\frac{1}{2000}$ der Distanz im gefundenen Höhenunterschiede; eine Abweichung von 5 Minuten nicht weniger als gar $\frac{1}{800}$ der Distanz usw. Fehler, welche selbst für ein Nivellement von ganz mittelmäfsiger Genauigkeit unzulässig sind. Es ist gar nicht denkbar, die Vertikalstellung der Schraube, an welcher doch fortwährend gedreht wird, so genau zu erhalten, als es nothwendig ist, da schon ein unmefsbarer und unfühlbarer Spielraum oder Widerstand in der Mutter u. dgl. m. genügt, Abweichungen von etlichen Minuten zu bewirken.

Herr Bohn scheint ähnliche Erfahrungen bereits gemacht zu haben, denn er sagt auf Seite 257: »Dabei ist aber zu bemerken, dafs es nicht möglich zu seyn scheint, einer Schraube jenen höchsten Grad der Vollkommenheit zu geben, dafs eine sehr empfindliche Libelle bei jeder beliebigen Drehung der Schraube einspiele. Man wird sich aus diesem Grunde mit einer nicht allzuempfindlichen Libelle an der Schraube begnügen müssen; diese kann dann bei Drehung um 180° oder beliebige andere Winkel beständig einspielen.« Diese Bemerkung ist doch gewifs äufserst sonderbar, denn das beständige Einspielen einer wenig empfindlichen Libelle kann zwar etwa dem Laien ein unschuldiges Vergnügen bereiten, den Fachmann aber

unmöglich über die vertikale Stellung der Schraube beruhigen. Ebenso gut könnte man fast die Libelle ganz weglassen, was Herr Bohn für die praktische Ausführung auch empfiehlt. Man hat doch wenigstens dann gar keinen Verdrufs über die Abweichungen; wie aber die Resultate in Folge dessen ausfallen werden, ist eine andere Frage.

Da nun einmal die Anwendbarkeit der Stampfer'schen Methode, zu meinem Vergnügen, vor dem wissenschaftlichen Publikum wieder besprochen wurde, so sey es mir erlaubt, in kurzen Worten der Resultate zu gedenken, welche eine genaue Untersuchung der Fehlerquellen, wie ich sie vor Jahren vorgenommen und in einer gröfseren Abhandlung [1]) zusammenstellte, lieferte.

Es kommen nämlich in Betracht die unvermeidlichen Fehler in der Einstellung der Visur und Libelle und Ablesung an der Schraube. Bezeichnet w diesen Fehler in Bezug auf jede der Einstellungen nach O und U und die zugehörigen Ablesungen, und nimmt man in der Formel $H = \frac{h-u}{o-u}\, d$, h, o und u als die Ablesungen an der Schraube bei horizontaler Stellung der Absehlinie, dann bei den Visuren auf die obere und untere Zieltafel, deren Abstand $= d$. Ist ferner a die erste Constante des Instrumentes, D die Horizontaldistanz bis zur Latte und m der in H zu befürchtende Fehler, so stellt bekanntlich $\frac{m}{D}$ das Maafs für die Genauigkeit der Ermittelung des Höhenunterschiedes vor, und man erhält mit einer geringen Vernachlässigung

$$\frac{m}{D} = \pm a \,.\, \sin 1''.\, \frac{H}{d}\, w\, \sqrt{2}$$

und für die Ermittlung der Distanz, wenn m' in Bezug auf D dieselbe Bedeutung hat, wie m hinsichtlich H:

1) Untersuchungen über die Genauigkeit des Nivellirens und Distanzmessens nach der Stampfer'schen Methode von G. v. Niefsl.

Separat-Abdruck aus den Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn, Winiker's Buchhandlung.

$$\frac{m'}{D} + \pm a \sin 1'' \frac{D}{d} w\sqrt{2}.$$

Wenn nun constatirt werden soll, ob Methode und Instrument in Bezug auf Genauigkeit strengen Anforderungen entsprechen, so handelt es sich vor Allem um Feststellung des mittleren Werthes von w. Stampfer findet aus zahlreichen Versuchen an verschiedenen Personen, dafs $w\sqrt{2}$ höchstens = 0,002 eines Schraubenganges. Bauernfeind nimmt ihn mehr als doppelt so grofs, nämlich 0,005. Ich habe mich bemüht, einen Mittelwerth unter Berücksichtigung ungünstiger Verhältnisse zu finden, und vielleicht dürfte meinen Resultaten hier auch ein Plätzchen eingeräumt werden.

Zur Bestimmung des Fehlers in Bezug auf die Libelle wurde diese wiederholt sehr scharf zum Einspielen gebracht und sodann der Stand der Schraube jedesmal abgelesen. Jede der folgenden 8 Zahlen ist ein Mittel aus 50 Einstellungen, und zwar:

1. Auf einem geschlossenen Gange: 0,0010,
2. Im Freien, unter mäfsig günstigen Verhältnissen: 0,0012,
3. « « « « « « 0,0013,
4. « « « « « « 0,0014,
5. « « « « « « 0,0021,
6. « « bei bewegter Luft: 0,0026,
7. « « « « « 0,0026,
8. « « « « « 0,0029,

woraus als Mittel 0,0019 oder 1,27 Sekunden folgt.

Für den Fehler der Visuren erhielt ich, ebenfalls aus je 50 Einstellungen auf die Zieltafeln:

1. Bei 50 Klftr. Distanz 0,005,
2. « « « 0,0012,
3. « « « 0,0013,
4. « « « 0,0016,
5. « « « 0,0018,
6. « 274 Kl. « 0,0018,
7. « 350 « « 0,0026,
8. « 480 « « 0,0027.

Also im Mittel $u = 0{,}0017$ oder 1,07 Sekunden.

Die letzten 100 Beobachtungen wurden mit demselben Gewichte, wie die übrigen, berücksichtigt, obgleich sie unter sehr ungünstigen Umständen stattfanden.

Da diese beiden Fehler wenig von einander differiren, so habe ich sie bei Entwickelung der obigen Formel für $\frac{m}{D}$ einander gleich angenommen.

Ist nun für eine bestimmte Arbeit die erforderliche Genauigkeit $\frac{m}{D}$ gegeben, so läfst sich daraus leicht das Verhältnifs, $\frac{h-u}{v-u} = \frac{H}{d}$, bis zu welchem man noch gehen darf, bestimmen; denn es ist

$$\frac{H}{d} = \frac{m}{D} \cdot \frac{1}{s \sin 1'' w \sqrt{2}}$$

Wäre z. B. $\frac{m}{D} = \frac{1}{100000}$ und $d = 2$ Klftr., so dürfte der Vertikalabstand von der unteren Zielscheibe bis zur Horizontalen des Instrumentes noch 2,7 Klftr. betragen. Der auf diese Weise gestattete Höhenunterschied nimmt in demselben Verhältnisse zu, als die verlangte Genauigkeit abnimmt.

So darf man für $\frac{m}{D} = \frac{1}{75000}$ bis 4 Klafter,

" $\frac{m}{D} = \frac{1}{40000}$ " 6,8 "

" $\frac{m}{D} = \frac{1}{15000}$ " 27 "

gehen.

Die Stampfer'sche Methode gewährt somit nicht blofs den Vortheil, dafs bei einem Nivellement, für welches keine sehr bedeutende Genauigkeit gefordert wird, grofse Höhendifferenzen aus einem Standpunkte bestimmt werden können, sondern es kann auch mit grofser Schärfe immer noch ein Gefälle von einem Punkt aus ermittelt werden, welches nach der gewöhnlichen Methode mehrere Aufstellungen verlangt. So kann, wenn man in den oben angeführten Bei-

spielen, bei der ersten Forderung (nämlich $\frac{m}{D} = \frac{1}{100000}$) bleibt, ein Gefälle von 5 bis 6° aus *einer* Aufstellung bestimmt werden, während dazu nach der gewöhnlichen Methode mindestens deren 3 nothwendig wären. Es ist ferner bekannt, dafs das Mittel aus n Beobachtungen $\sqrt{n}$ mal so genau ist, als eine einzelne derselben. Wollte man also die Schärfe noch weiter treiben, so wären nur die Beobachtungen an jedem Standpunkt zu vervielfältigen, wobei man immer mit seiner Aufgabe noch schneller zu Stande kommen wird, als durch wiederholte Aufstellungen des Instrumentes. Diese Vortheile treten natürlich namentlich bei Generalnivellements besonders hervor.

In Bezug auf die Distanzbestimmung stehen die Verhältnisse noch günstiger, worüber in der bezeichneten Schrift das Nähere nachgesehen werden kann. Faſst man nun das im Vorhergehenden Gesagte in Kürze zusammen, so ergiebt sich:

1. Dafs die Stampfer'sche Methode die von Herrn Bohn erwähnten Mängel *nicht* an sich hat;

2. dafs die Vertikalwinkel mit besonderer Schärfe gemessen werden müssen, und dafs die Methode somit nur durch äufserst correcte Ausführung der Instrumente in der Anwendung möglich wird;

3. dafs sie an Genauigkeit jeder anderen gleich steht und in vielen Fällen weit schneller zum Ziele führt.

Vielleicht wird die immer mehr Platz greifende Anwendung des Mikroskops die getheilte Schraube verdrängen, aber für das Nivelliren wird damit nicht viel gewonnen seyn.

Wollte man überhaupt von einer Vergröfserung der Genauigkeit bei den Stampfer'schen Instrumenten sprechen, so könnte etwa Herstellung einer noch feinern Schraube und Vergröfserung ihrer Entfernung vom Drehungspunkte des Fernrohres, welches einen noch geringern Visurfehler und eine entsprechende Libelle haben müfste, in Betracht kommen. Aber abgesehen davon, dafs dadurch

das Instrument ziemlich grofs und unbequem würde, entsteht erst die Frage, ob sich dann bei der praktischen Ausführung ein wesentlicher Vortheil ergebe. Immer wird von den schönen Stampfer'schen, wie überhaupt von allen feinen Instrumenten gelten, dafs der Ungeschickte desto schlechtere Resultate damit erzielt, je werthvoller sie in der Hand des gewandten Beobachters werden.

Brünn, am 31. December 1866.

VIII. *Das November-Phaenomen der Sternschnuppen in seinen einzelnen Erscheinungen von den ältesten Zeiten bis* 1866; *von G. von Boguslawski in Stettin.* [1])

I. Von den ältesten Zeiten bis 1850.

Der vorjährige grofse Sternschnuppenfall vom 13/14. November hat die Aufmerksamkeit und das Interesse der Astronomen für diese bisher von Vielen unter ihnen zu sehr vernachlässigten Glieder unseres Sonnensystems aufs Neue erweckt. Er bietet aber auch eine schöne, selten wiederkehrende Gelegenheit, die räumlichen und physischen Verhältnisse dieser kleinen Weltkörperchen zu erforschen und endgültig fest zu stellen. Zur Erreichung dieses Zwekkes ist aber eine genaue Kenntnifs aller früher bekannt gewordenen ähnlichen Erscheinungen nöthig. Folgende Zusammenstellung derselben möge hiezu einen kleinen Beitrag liefern; sie kann natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen, sie ist der Ergänzung und Vervollständigung ebenso bedürftig, wie alle ähnlichen Kataloge. Sie soll nur die Uebersicht der einzelnen Erscheinungen des

1) Druckfehler-Berichtigung. In meiner »Notiz über die kosmische Theorie der Feuermeteore«, d. Bd. S. 165 bis 167, mufs es S. 167, Zeile 14, heifsen: »die *ersten*«, statt die meisten.

November-Phänomens erleichtern, um aus dieser alsdann Schlüsse über die Natur der periodischen Sternschnuppen-Erscheinungen und der Sternschnuppen überhaupt gewinnen zu können. Da in neuerer Zeit Professor H. A. Newton zu New-Haven in Nord-Amerika in Silliman's *Americ. Journ. Vol.* XXXVI. *July* 1863 aus dem Vergleiche älterer Nachrichten von aufsergewöhnlichen Sternschnuppenschauern im October mit den Daten der neueren grofsen Entfaltungen des November-Phänomens 1799 November 11/12 und 1833 November 12/13 den Schlufs gezogen hat, dafs die October-Phänomene früherer Zeiten identisch seyen mit dem jetzigen November-Phänomen — ein Schlufs, der übrigens bekanntlich *zuerst* von meinem verstorbenen Vater, Prof. von Boguslawski in Breslau im Jahre 1840 gezogen und begründet worden ist, — und da andererseits seit fast 30 Jahren gegen Ende October, aber nicht an einem bestimmten Tage, ein häufigerer Sternschnuppenfall sich gezeigt hat, welcher auf eine selbständige October-Periode hinweist, wie ich in den Verh. der Schles. Gesellschaft f. vaterländ. Cultur f. 1852 und in den Astr. Nachr. No. 827 dargelegt habe, so habe ich geglaubt auch die im Monat October vorgekommenen und mir bekannt gewordenen Erscheinungen von gröfseren Sternschnuppenfällen mit in dieses Verzeichnifs aufnehmen zu müssen, vorläufig aber noch getrennt von den November-Erscheinungen zur Erleichterung der chronologischen Uebersicht. Die in der folgenden *ersten Abtheilung* dieses Verzeichnisses bis zum Jahre 1850 reichenden Nachrichten sind einer gröfseren, von mir schon vor 15 Jahren verfafsten, aber noch nicht publicirten Monographie über die Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorite in ihrer kosmischen Bedeutung entnommen, eben so wie mein in Pogg. Annal. Ergänzungsbd. IV. S. 1 bis 150 und S. 353 bis 456 publicirter *X. Nachtrag* zu Chladni's Verzeichnisse der Feuermeteore.

Die Nachrichten aus den älteren Zeiten über grofsartige Sternschnuppenschauer enthalten nur sehr wenige Da-

ten, die in den Monat November fallen, dagegen sehr viele in den Monaten Februar, April und October, wie man aus den Verzeichnissen von Herrick, Quetelet und Chasles und nach diesen von Arago ersehen kann und wie ich an einem anderen Orte nachweisen werde. Der Abkürzung wegen will ich die Hauptquellen, aus denen ich meine Nachrichten entlehnt habe, nämlich die Verzeichnisse von Herrick (Sillim. *Journ. N. Ser. Vol.* 40 *p.* 349 *ff.*), Quetelet (*Catalogue des principales apparitions etc.* 1839 *et Nouveau Catal.* 1841, *Physique du Globe* 1863) Chasles (*ibid.*), Arago (*Astr. popul. t IV*), welcher u. a. nach Ed. Biot die interessanten, leider nur zu *kurz* erwähnten grofsen, in China beobachteten Sternschnuppenfälle, anführt, bezeichnen mit (H.), (Qu.), (Ch.), (Ar.), dagegen die bisher noch in keinem Verzeichnisse enthaltenen älteren Nachrichten mit einem Sternchen (*) versehen.

561 nach November 12. Feuer durchläuft den Himmel in der Nacht des Todes von Chlotar (Ch.). Nordlicht?

837 November 12. Bemerkenswerther Sternschnuppenfall in China (Ar. nach Ed. Biot).[1])

899 November 18 (13 a. Stil). »Im Jahre 286 (der Hedschrah) war in Aegypten ein Erdbeben am Mittwoch den 7ten des Monats Sulkhade von der Mitte der Nacht bis zum Morgen, und die Sterne, welche man »Schuhub« (Lichtmeteore) nennt, bewegten sich auf eine aufsergewöhnliche Weise von Ost nach West und von Nord nach Süd, so dafs kein Sterblicher seine Augen auf den Himmel werfen konnte.« (H. citirt Frähn: *Elmacin histor. Saracen. arab. et latin p.* 181.)

970 November 8. Bemerkenswerther Sternschnuppenfall in China (Ar. und Ed. Biot.)

979 November 3. Während der ganzen Nacht sah man feurige Lanzen am Himmel (Ch.) Nordlicht?

1) Nach den von Ed. Biot in dem *Compt. Rend.* t. *XIII*, p. 204 im Auszuge mitgetheilten Nachrichten aus China fallen in dem Zeitraum von 960—1276, 132 grofse Sternschnuppenfälle in den Monat Juli, 173 in den October und 134 in den November (die meisten in den

1533 November 3. Sehr grofser Sternschnuppenfall in China (Arag. und Ed. Biot).

1582 Novbr. 7. Grofser Sternschnuppenfall nach Wartmann citirt in Quetelet *Phys. du Globe.*

1602 November 7. Grofser Sternschnuppenfall in China (Ar. u. Ed. Biot).

* 1606 Novemb. 15. »Bei heller und klarer Nacht hat es sich ansehen lassen, als regnet es Sterne: erstlich fielen nur die gröfseren und klarsten Sterne vom Himmel, darnach ohne Unterschied die kleineren und gröfseren in grofser Anzahl; ehe sie auf die Erde kommen sind sie erloschen.« (In den Verhandl. d. Siebenbürg. Vereins. d. Naturw. zu Hermannstadt Jahrg. XII No. 9 Septbr. 1862 mitgetheilt von E. A. Bielz).

1698 Novbr. 8. Grofser Sternschnuppenfall nach Wartmann (Qu.)

1787 Novbr. 9/10 wurden von Hemmer in Mannheim viele Sternschnuppen beobachtet (*Kosmos* I S. 399).

* 1787 Novbr. 10. Grofser Sternschnuppenfall in England: 3 Mal dieses Morgens stand der Himmel in Flammen (Halley: Leben Cooper's *Vol.* I *p.* 253).

1799 Novemb. 11/12. Grofser von Humboldt und Bonpland in Cumana beobachteter Sternschnuppenfall beschrieben von A. v. Humboldt in seiner *Voyage aux Régions équinoxiales* in der Deutschen Ausgabe von Hermann Hauff, Bd. II, S. 68 bis 74. Diese Beschreibung ist so bekannt und oft abgedruckt worden, dafs ich sie hier nicht wiederholen will. Nur so viel ist zu erwähnen, dafs die *Zeit* des *Maximum* dieser grofsartigen Entfaltung des November-Phänomens ebenfalls wie 1833 und 1866 *nach* Mitternacht fiel, nämlich zwischen 2 und 4 Uhr des Morgens, dafs aber die Ausdehnung dieses Phänomens von 1799 gröfser gewesen ist, als der von 1833 und 1866; nämlich vom Aequator bis nach Neu-Herrnhut in Grönland

Jahren 1023—1102); 15 Erscheinungen im November geben auf den Gregorianischen Kalender reducirt den 12/13. November.

und von Brasilien bis nach Deutschland (Weimar) ist das Phänomen beobachtet worden (cf. A. v. Humboldt a. a. O.).

1812 Mitte November beobachtete Fournet auf einer Reise von Coblenz nach Bonn einen grofsen Sternschnuppenfall; oft erschienen mehrere Sternschnuppen zu gleicher Zeit; die Erscheinung dauerte bis gegen Morgen (*C. R. t.* II *p.* 374 > Ar.)

1813 Novbr. 8 u. 10. Viele Sternschnuppen in England und Frankreich (Chladni > Qu.)

1818 Novbr. 13. 17. 19. Desgl. in England (Kämtz Meteor. Bd. III, 287 > Ar.)

1820 Novbr. 12. Nach einem heftigen Sturm viele Sternschnuppen in Rufsland (ib.)

1822 Novbr. 12 beobachtete Kloeden zu Potsdam Sternschnuppen und Feuerkugeln in ungewöhnlicher Anzahl (Gilb. Ann. Bd. 72 S. 219).

Anm. Das von Humboldt im *Kosmos* Bd. III. S. 611 und daraus von Barral in Arago's *Astr. popul. t.* IV. *p.* 309 vorgeführte Datum 1823 Novbr. 12/13., scheint auf einer Verwechselung mit der obigen Nachricht zu beruhen, denn i. J. 1823 findet sich nirgends eine Nachricht über einen bedeutenderen Sternschnuppenfall.

1826 Novb. 6/7 wurden auf Teneriffa viele Sternschnuppen gesehen (Kämtz Meteor. III S. 289 > Qu.)

1828 Novbr. 11/12 beobachtete Bruyas zu St. Marcellin (*Dép. Isère*) eine Feuerkugel und Sternschnuppen in ungewöhnlicher Anzahl (Ar.)

1831 Novbr. 13 wurden zu Brunneck in Tirol gegen 6 Uhr Morgens viele Sternschnuppen gesehen (Kämtz a. a. O. S. 298).

An *demselben Tage* gegen 4 Uhr Morgens beobachtete Bérard, Capitän der Brigg *le Loiret*, bei Carthagena an der Spanischen Küste eine sehr beträchtliche Zahl von Sternschnuppen und Feuerkugeln; in einer Zeit von mehr als 3 Stunden zeigten sich durchschnittlich *zwei Meteore in einer Minute* (Arago in *Annuaire du Bur. d. Longit.* 1836 *p.* 295).

1832 Novbr. 12/13 beobachtete Custodis zu Düsseldorf von 4 bis 7 Uhr Morgens 267 Sternschnuppen, (also 89 in einer Stunde), darunter 50 erster Gröfse (Benzenberg: die Sternschnuppen S. 158). In Preufsen wurde dies Phänomen aufserdem noch beobachtet in Trier, Cöln, Düren, Aachen, Lennep, Salz-Uffeln, Berlin; in Süd-Deutschland, zu Frankfurt a. M., Stuttgardt und Carlsruhe (ibid.)

In der *Schweiz* beobachtete man einen aufsergewöhnlichen Sternschnuppenfall in Genf und Lausanne

In *Frankreich* wurden zu *Limoges* von Arbeitern Novbr. 12/13 (*nicht* Novbr. 11/12, wie Arago in seiner *Astr. pop. t.* IV. *p.* 309 mittheilt) so viele Sternschnuppen gesehen, dafs die Arbeiter erschreckt die Flucht ergriffen; ferner sah der Capit. Potter de Baldivia zu Calvados in weniger als 25 Minuten 60 Sternschnuppen. Le Verrier beobachtete zu Caën eine grofse Anzahl von Sternschnuppen, und zwar an dem östlichen Theile des Himmels; die Sternschnuppen folgten sich nach Le Verrier's Bericht so rasch und in so grofser Zahl, dafs man mehrere Stunden gebraucht hätte, um die gleichzeitigen zu zählen, vorausgesetzt, dafs sie bleibend gewesen wären. (Schweigger, Jahrbuch 1833, f. 1835, S. 263. *l'Institut No.* 312 u. a. m. a. O.). Robert beobachtete auf der Insel Maurice Novbr. 12/13. eine so grofse Anzahl von Sternschnuppen, dafs er sie nicht zu zählen vermochte (Arago a. a. O.).

In *Belgien* wurde das Phänomen am Novbr. 12/13. beobachtet zu Brüssel und Lüttich, in *England* zu Portsmouth, Sheffield, und Novbr. 15 (?) von Addison auf dem 500 Fufs hohen Great Malvern in Worcestershire als ein wahrer Feuerregen, 48 Sternschnuppen in einer Minute (*l'Institut No.* 304. *Rep. of Brit. Astr. f* 1839).

In *Ungarn*, *Siebenbürgen* und der *Bukowina* zeigte sich der grofsartige Sternschnuppenfall vom 12/13 auf das Prächtigste. Ein Beobachter zu Ofen (Franz von Kifs) will in dieser Nacht eine 8 Secunden andauernde Durchbrechung der Atmosphäre bemerkt haben, vermöge welcher eine end-

lose(?) Lichtsäule, die der Milchstrafse weit übertreffend, in sein Auge geströmt sey. (v. Kifs: Lichterscheinung von 1832, Novbr. 12). In der Bukowina sah Dr. Rohner zu Suczana von $12\frac{1}{2}$—$5\frac{1}{2}$ Uhr Morgens stündlich 50 Sternschnuppen in constanter Richtung von Ost nach West (Baumgartn. Zeitschr. f. 1833.).

In *Rufsland* wurde das Sternschnuppen-Phänomen beobachtet zu Warschau, Riga, Petersburg und Odessa (Pogg. Ann. Bd. 29, S. 447). In Orenburg sah Graf Suchtelen von 3—4 Uhr Morgens ungewöhnlich viele Sternschnuppen, alle in der Richtung von N-O. nach S-W., geradeso wie im Jahre 1799 (Astr. Nachr. Bd. XIII., No. 303).

In *Arabien* ereignete sich zu Mocha ein Sternschnuppenregen der prächtigsten Art von 1 Uhr Nachts bis zu Tagesanbruch (*Sillim. Amer. Journ. Vol.* 26. *p.* 136.)

In *Persien* und *Indien*, namentlich zu Bulnampore und Agra, wurden unzählige Sternschnuppen und Feuerkugeln beobachtet; sie liefsen beinahe alle einen verschieden gefärbten Lichtstreifen am Himmel zurück, welcher erst allmählich verlosch (*Rep. of the Br. Astr. f.* 1850, *p.* 121.).

Diese glänzende Entfaltung des November-Phänomens i. J. 1832, verbunden mit der von 1799 und der im folgenden Jahre 1833 veranlafsten Olmsted und Twining, *zuerst* die Hypothese einer *November-Periode* der Sternschnuppen aufzustellen und zu begründen (*cf.* Sill. *Amer. Journ. Vol.* 26, *p.* 249, Juli 1834).

Die nun folgenden Nachrichten können am besten diese Periodicität, aber auch den *absteigenden* Gang des Phänomens bis zum Jahre 1850 beweisen.

1833, November 12/13, ereignete sich ein eben so prächtiges und weit ausgedehntes Phänomen, wie A. v. Humboldt es 1799 beobachtet hatte; diesmal war es besonders in Nord-Amerika sichtbar.

Professor Denison Olmsted zu New-Haven (Conn.) hat über dasselbe einen ausführlichen Bericht veröffentlicht.[1]) Das Phänomen erstreckte sich hiernach von 18°

1) Sillim. *Amer. Journ.*, Bd. 25 u. 26. — Pogg. Ann. Bd. 33. S. 189.

bis 43° n. Br. und vom 61°—91° w. L. In diesem Raume von 100,000 Quadrat-Meilen wurden 2—300,000 Sternschnuppen gesehen. »Sie waren so häufig wie Schneeflocken in einem Schneegestöber und setzten die Leute in unbeschreibliche Angst.« Das Phänomen dauerte von 9 Uhr Abends bis 7 Uhr Morgens. In dieser Zeit bewegte sich die Erde 156000 Meilen in ihrer Bahn fort, hiernach kann man sich einen Begriff von der grofsen Ausdehnung dieses Phänomens machen. Olmstedt beobachtete es selbst erst von $5\frac{3}{4}$ Uhr Morgens und von dieser Zeit bis an das Ende der Erscheinung bei Tagesanbruch machte er die wichtige Entdeckung des den einzelnen Gliedern dieses grofsartigen Phänomenes gemeinsamen Divergenz- oder Radiationspunktes. Die Sternschnuppen und Feuerkugeln gingen nämlich sämmtlich in ununterbrochener Reihenfolge raketenähnlich von einem, wenige Grade südlich vom Zenith liegende Punkte aus, und fuhren von da nach allen Richtungen gegen den Horizont herab. Sie begannen ihre Bahnen in verschiedenem Abstande von jenem Radiationspunkte, bewegten sich aber durchweg in solchen Richtungen, dafs die Linie, welche sie beschrieben, rückwärts verlängert, einen und denselben Punkt des Himmels getroffen haben würde. *Um diesen Punkt herum war ein kreisförmiger Raum von mehreren Graden, in welchen keine Sternschnuppe beobachtet wurde.*

Olmsted machte nun die höchst interessante Bemerkung, dafs dieser Punkt der scheinbaren Radiation sich ostwärts vom Zenith ab bewege. Dieser Punkt lag im Sternbild des Löwen, etwas westlich von γ Leonis (Geba). Nach Verlauf von einer Stunde nahm der Radiationspunkt immer noch dieselbe Stelle im Löwen ein, wiewohl das Gestirn vermöge der täglichen Rotation der Erde um nahezu 15° nach Westen gerückt war; ein Beweis, dafs dieser Punkt keinen Theil an derselben nahm. — Olmsted bestimmte nun diesen Radiationspunkt auf 150° AR und + 21° Decl. Nach der Rechnung von Encke eilte die Erde um die Zeit

des Maximums der Erscheinung 1833, Novbr. 12, 9 Uhr, mittl. Greenw.-Zeit,) gerade auf den Punkt im Weltraum zu, dessen Position = 143° 55 AR und + 14° 20′ Decl. ist, also nicht sehr verschieden von dem Punkt der scheinbaren Radiation der Meteore.

1833, Novbr. 11. bis 12., beobachteten Direktor Müller und Kauffeldt von der Isländischen Expedition zu Frederikshaab und Goothab in Grönland einen Feuerregen. [1])

1834, Novbr. 14, $4\frac{1}{2}$ Uhr Morgens sah Carl v. Baratta zu Budischau in Mähren sehr viele Sternschnuppen im Zenith. [2])

« Novbr. 13/14, beobachtete Olmsted in New-Haven von 1 bis 2 Uhr Morgens ungewöhnlich viele Feuerkugeln und Sternschnuppen. Das Maximum des Phänomens trat ein um 1^h 4^m. Den Anfang bildete eine grofse Feuerkugel, welche ohne Geräusch explodirte. [3])

Hiergegen berichtet A. D. Bache [4]), ein eifriger Gegner des November-Phänomens, dafs die Berichte von 20 Stationen in dem ganzen Umfange der Vereinigten Staaten übereinstimmend bekunden, *keinen* aufsergewöhnlichen Sternschnuppenfall bemerkt zu haben, indem nur hier und da eine einzelne Sternschnuppe gesehen worden sey, so u. A. zu New-York, Wilmington, Baltimore, Nashville. — Dagegen bestätigt aber Twining die Wiederkehr einer aufsergewöhnlichen Sternschnuppenerscheinung im November d. J. 1834 [5])

1834, Novbr. 14., hat Sir John Herschel am Cap der guten Hoffnung eine grofse Menge Sternschnuppen gesehen, wie er an Bailey berichtet. [6])

1835, Novbr. 10 bis 14, finden sich nirgends Nachrichten über eine irgend bedeutende Sternschnuppenerscheinung, aufser in Nordamerika [7])

1) *Ac. de Paris* 1836. *Oct.* 17. — Pogg. Ann. Bd. 39. p. 114.
2) Schles. Ztg. 1835. Jan. 23.
3) Sill. Journ. Bd. 27. — Fror. Not. Jan. 1835 f. 105.
4) Sill. Journ., Bd. 27.
5) ib. p. 340.
6) Bresl. Ztg. 1836, März 19.
7) Sillim. Journ. Bd. 29, p. 383. — Pogg. Ann. Bd. 38, S. 554.

Dagegen richtete sich die allgemeine Aufmerksamkeit i. J. 1836 auf die Beobachtung der periodischen Sternschnuppen-Phänomene, da sich eine zweite Periode (im August) manifestirt hatte, und besonders, weil Arago in Frankreich, A. v. Humboldt und Benzenberg in Deutschland alle Astronomen und Physiker aufgefordert hatten, auf die Wiederkehr dieses merkwürdigen November-Phänomens zu achten.

So haben wir seit dem Jahre 1836 eine bedeutende Menge von bestätigenden Beobachtungen über eine aufsergewöhnliche Sternschnuppenerscheinung in der Zeit des 11. bis 15. November.

1836, Novbr. 11. bis 12., wurden zu *Breslau* (welcher Ort sich von dieser Zeit an ununterbrochen bis 1852 der Beobachtung der periodischen Sternschnuppen-Phänomene befleifsigte) von $9\frac{1}{4}$ Uhr Abends bis gegen 4 Uhr Morgens nur 40 Sternschnuppen wahrgenommen und deren Bahnen verzeichnet, also eine keineswegs ungewöhnliche Anzahl; nach Mitternacht erschienen mehr Sternschnuppen, als vorher.

Zu *Frankfurt a./M.* wurden dagegen von mehreren Mitgliedern des dasigen naturwissenschaftlichen Vereins, bei heiterem und mondscheinfreiem Himmel, von welchem ungefähr $\frac{1}{4}$ überschaut werden konnte, von $11\frac{1}{2}$ Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens 155 Sternschnuppen gesehen; aber von dieser Zeit an begann der Fall mit einer steigenden Heftigkeit, bis er nach 4 Uhr sein Maximum erreichte. Man beobachtete

vor	$11\frac{1}{2}^h$	bis	12^h	9
von	12^h	«	1^h	19
«	1^h	«	2^h	15
«	2^h	«	3^h	31
«	3^h	«	4^h	29
«	4^h	«	$4\frac{1}{2}^h$	22

Von $4\frac{1}{2}$ bis 5 Uhr konnte leider nicht beobachtet werden, also gerade zur Zeit des Maximum, von 5^h bis 6^h wurden noch 30 Sternschnuppen gesehen, also zusammen 155. — Von den 125 Meteoren, die von $11\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ fielen, waren

nur 17, die verlängert in das Sternbild des grofsen Löwen gingen, sehr wenige Sternschnuppenbahnen durchschnitten die Radien, welche von γ Leonis aus strahlend gedacht werden. Alle anderen Bahnen gingen verlängert von dem grofsen Löwen aus. Grofse Feuerkugeln wurden nicht gesehen. Der Schweif von einer hellen Sternschnuppe, die um $4^h\ 18^m$ vom Procyon nach Beteigeuze zog, glänzte $\frac{1}{2}$ Minute lang.[1])

1836, Novbr., 12. bis 13., sahen Custodis und Müller zu *Düsseldorf* von 5 Uhr Abends bis $5\frac{1}{2}$ Uhr Morgens auf der Hälfte des sichtbaren Himmels 89 Sternschnuppen, und Dr. Schnabel zu *Gummersbach* mit seinen Schülern von 12 Uhr bis 5 Uhr Morgens 309.[2]) Das Maximum trat ebenfalls von 4 bis 5 Uhr Morgens ein, wo an dem ganzen Himmel 74 Sternschnuppen gezählt wurden.

1836, November 12. bis 13. In *Paris* sahen die Schüler von Arago auf der Sternwarte von $6^h\ 45^m$ Abends bis $6^h\ 35^m$ Morg. 170 Sternschnuppen, von denen 73 in ihren verlängerten Bahnen durch das Sternbild des Löwen zogen, und 52 selbst in ihm gesehen worden sind, die übrigen aber eine andere Richtung einschlugen, oder in ihrer Bahn nicht bestimmt werden konnten. — Aufserdem wurden in *Frankreich* noch beobachtet zu *Bercy* 120 Sternschnuppen von denen 57 aus dem Löwen kamen, in dem Departement de l'Ain von 8^h Ab. bis 6^h Mg. 75, zu *Strafsburg* von $10\frac{3}{4}^h$ Ab. bis $2\frac{1}{2}^h$ Mg. 85; zu Arras von 3^h bis 6^h 23; zu Angers von $2^h\ 20^m$ bis $4^h\ 20^m$ 49 und an anderen Orten[3]).

Herschel hat in dieser Nacht auf dem *Cap* ebenfalls Sterschnuppenbeobachtungen angestellt, aber nur wenige gesehen, ebenso November 13/14.[4])

In Nord-Amerika wurden an mehreren Orten zahlreiche Sternschnuppen gesehen. Olmsted bestimmte ihren Radiationspunkt auf 145° AR und + 25° Decl. Herrick zählte 150 in einer Stunde.[5])

1) Frankf. Ob. P. A. Ztg. 1836. No. 324.
2) Bensenberg. Die Sternschnuppen. S. 196.
3) *Ac. d. Sc. de Par.* 1836, Novbr. 28.
4) *l'Institut No.* 221.
5) Sillim. Amer. Journ. Bd. 31.

Quetelet will in *Brüssel* in dieser Nacht *keinen* besondern Sternschnuppenfall bemerkt haben.[1]) Dagegen wurden zu Bogoslowsk im nördlichen Rufsland zahlreiche Sternschnuppen im Löwen gesehen. (Qu.)

1836, Novbr. 13. bis 14. wurden in *Breslau*, wo es bis 3 Uhr Morgens trübe war, nach einer plötzlichen Aufheiterung des Himmels von 3^h bis $5^h\ 50^m$ 146 Sternschnuppen beobachtet und verzeichnet. Unter diesen waren 4 heller als Venus, 13 vom Glanze des Jupiter und 46 von dem der Sterne erster Gröfse. Die Hauptausgangspunkte waren: 1) der Raum zwischen dem kleinen und dem grofsen Bär, durch diesen hindurch bis zum Haupthaar der Berenice; 2) die Gegend zwischen Perseus, Cassiopeja und Andromeda; 3) im Einhorn, zwischen Wasserschlange, Orion und grofsen Hund. Alle Bahnen rückwärts verlängert, wiesen auf den Punkt in der Ekliptik hin, auf welchen der Lauf der Erde gerichtet war.

1836, Novbr. 13. bis 14, wurden in *Berlin* von Dr. Wolfers von $9\frac{1}{2}$ Uhr Abends bis $2^h\ 15^m$ Morgens nur 34 Sternschnuppen gezählt. Das Phänomen scheint also auch in diesem Jahre *plötslich* eingetreten zu seyn, und sich *sehr schnell* bis zu seiner gröfsten Entwickelung gesteigert zu haben.[2])

Dies scheint auch durch die Beobachtung von Hrn. Prof. Galle, damaligem Observator der Berliner Sternwarte, bestätigt zu werden. Er zählte nämlich in der zweiten Hälfte der Nacht von 2^h bis $5^h\ 30^m$ etwa 40 bei der Uebersicht über einen Theil des Himmels, der vielleicht $\frac{2}{5}$ des ganzen sichtbaren Himmels umfafste (und zwar nach NNW). Gegen 5 Uhr nahm die Zahl und der Glanz der Erscheinungen so zu, dafs er mit gröfserer Aufmerksamkeit die ihm sichtbaren Sternschnuppen anmerkte.

Von $5^h\ 30^m$ bis 6^h sah er 90 solche Erscheinungen; bei einem Wechsel des Standpunktes war keine Zunahme in der Anzahl zu bemerken, so dafs die Vertheilung am Himmel ziemlich gleichförmig gewesen seyn mag. Die meisten

1) *Ac. de Brux.* 1836, Dec. 3.

2) Voss. Ztg. No. 278 und Originalmittheilung.

waren mit einem Funken-Schweife versehen; 2 von besonderer Helligkeit waren mit Leuchtkugeln zu vergleichen; bei der ersten, die um 4h am Kopfe der Wasserschlange erlosch, blieb der Kern gegen 2 Minuten sichtbar; bei der zweiten glaubte Herr Galle den Schweif 5 Minuten lang zu erblicken. Einen besonderen Radiationspunkt der Sternschnuppen konnte er nicht bemerken. [1])

In *Frankfurt a/M.* wurden von 11h 5m bis 12h 37m 23 Sternschnuppen gesehen. [2])

1836, Novbr. 14. bis 15., sind in *Breslau* von 7½ Uhr Abends bis 5½ Uhr Morgens 142 Sternschnuppen beobachtet worden, aber sie folgten nicht so rasch auf einander und waren nicht so glänzend, als in der Nacht vom 13. bis 14. Novbr.

1836, Novbr. 14 bis 15., wurden zu *Oxford* von dem Polizeiwächter der Universität zu Oxford so viel Sternschnuppen gesehen, dafs er sie nicht einzeln anmerken konnte. [3])

1837, November 13. bis 14., wurden in *Bremen* von Dr. Focke (Enkel des berühmten Olbers) und 4 anderen Beobachtern von 12h bis 4h Morg. bei abwechselnd heiterem Himmel 33 Sternschnuppen gesehen und verzeichnet [4])

1837, November 13. bis 14. Dr. Wilhelm Hirtl zu *Gratz* in *Steiermark* beobachtete von 11h 50m bis 15h 20m 26 Sternschnuppen, und C. L. von Littrow in *Wien* an einem hölzernen Theodoliten von 11h 10m bis 18h 5m 50 Sternschnuppen. [5])

1837, Novbr. 13. bis 14. In *Turin* wurden von 3h bis 5h Morgens 78 Sternschnuppen gesehen, welche gröfstentheils eine Richtung von N. nach S. hatten. [6])

1837, Novbr. 12. bis 13., hat Olmsted in *New-Haven*

1) Pogg. Ann. Bd. 39, 354.
2) Originalmitth.
3) Athen, 1836, No. 18.
4) Originalmitth.
5) Originalmitth. u. Baumgärtn. Zeitschr. 1837. No. 7.
6) Benzenb. a. a. O. S. 196.

von 13h bis 19h bei Vollmondschein 230 Sternschnuppen gezählt, unter diesen 40 so hell als Venus. Die meisten nach S.-Ost. Das Maximum der Erscheinung trat zwischen 16 und 17 Uhr ein. Der Ausgangspunkt der Bahnen (mit Ausschluſs von 10 bis 15) hatte die Position: 146° AR. und + 24° 50′ Decl.; die meisten hatten Schweife hinter sich; die Dauer schätzte er auf 0,25—1,00 Sekunden. Auſser ihm, Silliman und Herrick in New-Haven haben noch beobachtet: Schäffer in *New-York*: 40 bis 50 Meteore, Obermeyer in *Emmetsburg* (Maryl.): 52; mehrere Beobachter im Western-College in *Ohio*: 74 [1]).

1837, Novbr. 13. bis 14., hat Fitch in New-Haven von 3h 15m bis 5h 15m Morg. 34 Sternschnuppen beobachtet. [2])

1837, Novbr. 14. bis 15., zählte Nervaux in dem *Département de Saône et Loire* in einer halben Stunde 39 Sternschnuppen und Danse, November 15. bis 16. in 1½ Minute 17 Sternschnuppen. (Qu.)

Wenig Sternschnuppen haben gesehen: Quetelet, Novbr. 12 in Brüssel und mehrere andere Beobachter in Belgien, Frankreich und der Schweiz. (*Ac. des Sc. de Brux.* 1837, Dec. 2.)

1838, Novbr. 12. bis 13., sah Prof. v. Boguslawski bei *Magdeburg* auf einem Reisewagen zwar auf einem beschränkten Himmelsstrich bis 4 Uhr Morg. *keine* einzige Sternschnuppe, wohl aber ein intensives Nordlicht; ebenso November 13. bis 14. In *Breslau* wurden Novbr. 13. bis 14. von 7h 27m bis 10h 15m (wo es sich eintrübte) 12 Sternschnuppen beobachtet, mithin eine sehr geringe Anzahl; Novbr. 14. bis 15. aber, von 7h 18m bis 3h 45m, 79 Sternschnuppen. Das Maximum fand zwischen 11h und 1h statt, es kamen dann auf die Stunde 25 Sternschnuppen.

1838, Novbr. 12. bis 13., hat Dr. Focke zu Bremen von 7¼ Uhr Abends bis 5¾ Uhr Morgens bei höchst günstigen äuſseren Umständen mit 4 anderen Beobachtern nur 186 Sternschnuppen gesehen, d. i. durchschnittlich in einer Stunde 16. Das Maximum trat nach Mitternacht ein. Eine

1) Sillim. Journ. Bd. 33. p. 393. — *l'Inst.* No. 233. p. 193.
2) Ibidem.

vorherrschende Richtung aus dem Löwen konnte nicht aufgefunden werden, wohl aber aus dem Drachen. Auch bemerkte er um 2 Uhr ein schönes Nordlicht. Novbr. 13. bis 14. wurden verhältnifsmäfsig wenig Sternschnuppen gesehen. [1])

1838, Novbr. 13. bis 14., beobachtete Busch in *Königsberg* bei nicht ganz heiterem Himmel von 4^h bis 6^h Morgens 200 Sternschnuppen, von denen aber nur 67 verzeichnet werden konnten, weil sich die einzelnen Erscheinungen zu rasch auf einander folgten. Die meisten erschienen von 4 bis 5 Uhr. [2])

1838, Novbr. 12., wurden in *Posen* von 9^h 18^m bis 11^h 42^m von mehreren Ingenieur-Offizieren 27 Sternschnuppen gesehen; sie waren sehr klein und von kurzem Laufe. [3])

1838, Novbr. 12. bis 13. An demselben Orte beobachteten in dem Schullehrerseminar mehrere Personen von 12 Uhr bis 5 Uhr Morg. 91 Sternschnuppen; diese waren auch nur klein; das Maximum der Erscheinung trat zwischen 1 und 2 Uhr ein, wo sie sich in dem Sternbilde des Löwen zusammendrängten. [4])

1838. In *Wien* wurde das November-Phänomen in diesem Jahre sehr eifrig von C. L. v. Littrow beobachtet. Er berichtet darüber [5]): 1838, Novbr. 10., wurde von 8 Uhr Abends bis 1 Uhr nach Mitternacht beobachtet: es kamen auf die Stunde 9 Sternschnuppen. Den 11. kamen 20 auf die Stunde. — Den 13. heiterte es sich erst um $11\frac{1}{2}$ Uhr auf und wurden von da bis $5\frac{1}{2}$ Uhr Morgens (d. i. in 6 Stunden) 1002 Sternschnuppen gesehen, worunter der gröfste Theil wie Sterne erster Gröfse glänzte mit lange anhaltenden Schweifen. Das Phänomen nahm von Beginn der Beobachtung an bis gegen 4 Uhr Morgens, wo es sei-

1) Originalmitth.
2) Voss. Ztg. 1838. Nr. 276.
3) Ibidem.
4) Posener Zeitg. 1838. No. 251.
5) Wiener Ztg. 1838. No. 272.

nen Culminationspunkt erreicht zu haben schien, entschieden zu und dann wieder ab:

In der	1.	Beobachtungsstunde	fielen	32 Sternschnuppen,
» »	2.	»	» 52	»
» »	3.	»	» 70	»
» »	4.	»	» 157	»
» »	5.	»	» 381	»
» »	6.	»	» 310	»
			1002	

In den nächsten Nächten war es trübe, so dafs die Dauer der ganzen Erscheinung nicht bestimmt werden konnte.

1838 Novbr. 12 bis 13 beobachtete Custodis in *Düsseldorf* von 7 Uhr Ab. bis $4\frac{1}{2}$ Uhr Morg. nur 12 Sternschnuppen; aber er sah auch von seinem Beobachtungsplatze aus nur die Sternbilder der Zwillinge, des Krebses und des Löwen. Von anderen Personen wurden in Düsseldorf an demselben Abende sehr viel Sternschnuppen bemerkt, aber nach Norden[1]). —

Oberlehrer Gerhardt beobachtete zu *Eutin* von 7 Uhr Ab. bis 3 Uhr Morg. 60 Sternschnuppen. Das Maximum trat nach Mitternacht ein[2]). —

Auf dem Wege von London nach Richmond sah ein Herr Carr Woods, nachdem er von 9 Uhr Ab. bis $3\frac{1}{2}$ Uhr Morgens vergebens auf einen häufigen Sternschnuppenfall gewartet hatte, *plötzlich* von 3^h 35^m an von O.N.O. zu N. einen ungeheuren Schwarm von Sternschnuppen sich einander jagen; sie erleuchteten den ganzen Himmel; ihre Zahl konnte nicht bestimmt werden. Um 3^h 40^m erreichte die Erscheinung ihr Maximum und hörte um 3^h 55^m völlig auf. Während dieser 20 Minuten seyen wenigstens 400 bis 500 Sternschnuppen erschienen[3]). —

Wartmann hat zu *Genf* während 5 Stunden nur 11 schwache Sternschnuppen gesehen, während Reynier zu

1) Benzenb. a. a. O. S. 324.
2) Pogg. Ann. Bd. 46. S. 662.
3) *The* (London) *Times*. 1838. No. 20.

Planchettes 72, gröſstentheils sehr helle, zählte. In *Paris* war es zu dieser Zeit trübe. In *Lamballes* hat ein Beobachter Nov. 13/14 von 13 bis $13\frac{1}{2}$ zwar nur *eine* Sternschnuppe gesehen, aber eine *ungewöhnliche Helligkeit der Atmosphäre* bemerkt, ähnlich einer Lichterscheinung bei einem Nordlichte[1]). —

Novbr. 11/12 sah Lovening zu *Cambridge* (*Mass.*) mit 8 Beobachtern von 12 Uhr bis 6 Uhr Morg. 199 Sternschnuppen. Das Maximum trat von 4 bis 5 Uhr ein, in welcher Stunde allein 53 solcher Meteore gesehen wurden.

Novbr. 12 bis 13 beobachtete derselbe von 12 bis 5 Uhr Morg. 131 Sternschnuppen, also in einer Stunde im Durchschnitt 26, das Maximum trat von 1 bis 2 Uhr ein (37 in der Stunde).

Novbr. 13 bis 14 wurden von 1^h bis 5^h 233 Sternschnuppen gesehen, also 58 in einer Stunde. — Der Radiationspunkt war wieder im Löwen.[2]) —

1838 Novbr. 9 bis 19 hat Twining zu *Middleburg* (Mar.) von 15^h bis 18^h 70 Sternschnuppen beobachtet, von denen 40 aus dem Löwen kamen. Eine ziemlich gleiche Anzahl sah er Novbr. 10 bis 11 und 11 bis 12.

Novbr. 13 bis 14 sah er von 16^h bis 18^h 210 Sternschnuppen.

Fitch hat im *Golf von Mexiko* von 15^h bis 17^h 85 Sternschnuppen gezählt, deren Radiationspunkt 2° südöstlich von γ Leonis befand[3]).

Olmsted hat aus eigenen Beobachtungen die Ueberzeugung gewonnen, dafs Novbr. 13 und 14 *keine* aufsergewöhnliche Sternschnuppenerscheinung, der Zahl nach, sich gezeigt habe. Dagegen berichtet Wilh. Gaylord zu *Otisco* (N. Y.), dafs er in der Nacht von Novbr. 13/14 eine ungewöhnliche Menge Sternschnuppen gesehen habe[4]).

Auch in *Canton* und *China* beobachtete Parker eine ungewöhnliche Anzahl von Sternschnuppen[5]).

1) *Ac. de Par.* 1838. Dec. 24.
2) Sillim. Journ. Bd. 35. p. 395.
3) Ibidem. p. 368.
4) Ibidem. p. 370.
5) Ibidem. p. 372.

Ebenso ward auf der *See* unter 23° 48′ w. L. und 8° 27′ n. Br. am Morgen des 14. Novbr. eine grofse Menge Sternschnuppen gesehen, welche sämmtlich aus dem Löwen herzukommen schienen[1]).

1839 im November veranlafste Prof. v. Boguslawski in Breslau durch viele Zuschriften an mehrere Physiker Schlesiens und Deutschlands correspondirende Beobachtungen des November-Phänomens von 1839. Mit *Breslau* vereinigten sich zu diesem Zwecke: *Berlin, Posen, Gr. Glogau, Liegnitz, Boberstein, Oels, Koschentin, Neifse, Leobschütz, Krakau, Dresden, Leipzig, Jena, Frankfurt a. M., Köln, Düsseldorf, Bremen, Altona* und *Hamburg*.

Hauptsächlich wurde nach dem Vorschlage Boguslawski's auf die Bahnbestimmung und richtige Einzeichnung in die Karten mehr gesehen, als auf die Anzahl der Sternschnuppen.

1839 Nov. 12 wurden in *Breslau* selbst von $7\frac{1}{2}$ Ab. bis $5\frac{1}{2}$ Morgens 242 Sternschnuppen gesehen, also in einer Stunde 24,2, die meisten von 3 bis 4 Uhr, 53; dagegen von 11 bis 12 Uhr nur 20. Aufser in Breslau wurde das Phänomen an diesem Tage noch beobachtet:

zu *Aachen* von Hrn. Oberl. Heis v. $7^h\ 28^m$ bis $12^h\ 6^m$: 119 Sternschnuppen;

» *Berlin* von Hrn. Prof. Erman v. $10^h\ 3^m$ bis $13^h\ 59$: 40 Sternschnuppen;

» *Cöln* von Hrn. Dr. Garthe v. $7^h\ 13^m$ bis $13^h\ 29^m$: 71 Sternschnuppen;

» *Frankfurt a. M.* von Mitgliedern des Physik. Vereins von $10^h\ 22^m$ bis $12^h\ 49^m$: 28 (15) Sternschnuppen;

» *Habelschwerdt* von Hrn. Rector Marschner $10^h\ 0^m$ bis $11^h\ 15^m$: 5 Sternschnuppen;

» *Hamburg* von Hrn. Dr. Rümker $6^h\ 7^m$ bis $10^h\ 48^m$: 10 Sternschnuppen;

» *Leipzig* von Hrn Dr. Brandes $10^h\ 31^m$ bis $12^h\ 33^m$ 7 Sternschnuppen;

1) Sillim. Journ. Bd. 35. p. 372.

zu *Lods* von Hrn. Dr. Schorr $10^h\ 2^m$ bis $12^h\ 20^m$:
9 Sternschnuppen;
» *Neifse* von Hrn. Cand. Vogel $10^h\ 3^m$ bis $13^h\ 37^m$:
22 Sternschnuppen;
» *Posen* von Hrn. Dr. Nepilli 6^h bis 18^h:
209 Sternschnuppen.

1839 Novbr. 13 wurden zu *Breslau* von 20 Beobachtern von $6^h\ 48^m\ 54^s$ bis $18^h\ 19^m\ 28^s$: 318 Sternschnuppen (also 37,63 in einer Stunde) gesehen. Das Maximum trat zwischen 12 und 13 Uhr ein (59 in einer Stunde). In *Posen* beobachtete Dr. Nepilli von 6 bis 18 Uhr allein 209 Sternschnuppen. Der eifrige Beobachter Dr. Schorr sah an diesem Abende zwischen 9 und 12 Uhr nur eine Sternschnuppe. Ueberhaupt sind an sehr vielen anderen Orten verhältnifsmäfsig sehr wenig Sternschnuppen gesehen worden; so u. A. von Bessel in *Königsberg*[1]); ebenso in Paris, Brüssel und Gent.

In *Amerika* ist keine aufsergewöhnliche Sternschnuppenerscheinung wahrgenommen worden, wie Denison Olmsted berichtet[2]).

1840 November 10 sah Wartmann zu *Genf* von $9^h\ 15^m$ bis 16^h 222 Sternschnuppen auf der einen Hälfte des Himmels.[3])

1840, Novbr. 13., sah Herrick in *Nordamerika* während einer kurzen Aufheiterung nur 10 Sternschnuppen; ebenso wartete Bache, im Verein mit Walker, Cresson, Frazer Kendall u. A. m. Novbr. 12, 13 und 14 vergebens auf einen aufsergewöhnlichen Sternschnuppenfall; ebenso auch Olmsted[4]). Auch Dr. Parker hat auf dem Meere zwischen China und Amerika in der Zeit von Novbr. 12 bis 14 bei sonst günstigem Himmel keine Sternschnuppe gesehen[5]).

1) Astr. Nachr. Bd. XVII. S. 45.
2) Sill. Journ. Bd. 40. p. 202, u. Bd. 38, p. 377.
3) *L'Inst.* No. 366.
4) Sillim. Journ. Bd. 40. p. 203.
5) Ibidem u. *l'Inst.* No. 422.

Anderwärts ist ebenfalls keine bemerkenswerthe Erscheinung von zahlreichen Sternschnuppen beobachtet worden. Der helle Mondschein war der Sichtbarkeit derselben sehr hinderlich.

1841 Novbr. 11 bis 13 haben Colla in *Parma*, Wartmann in *Genf*, Laugier und Bouvard in *Paris* keinen aufsergewöhnlichen Sternschnuppenfall beobachtet[1]). Ebenso sah Quetelet in *Brüssel* kein besonderes Phänomen[2]).

Dagegen sah nach einer Mittheilung von Sir John Herschel Lefroy auf dem magnet. Observatorium zu *Longwood* auf *St. Helena* Novbr. 12 von 8^h bis 16^h 40^m 102 Sternschnuppen[3]). Das Maximum traf zwischen 3 u. 4 Uhr Morgens ein (29 in einer Stunde).

Novbr. 12 beobachtete Laudin, Ingenieur in den Kohlengruben von Ribade-Sella in Asturien in kurzer Zeit sehr viele und glänzende Sternschnuppen (16 in einer Stunde)[4]).

Novbr. 12. In *England* sah Henry Lawson zu Hereford von 7^h Ab. bis $4\frac{1}{2}^h$ Morg. 79 Sternschnuppen[5]).

Novbr. 12. In Aachen beobachtete Heis mit seinen Schülern während einer kürzeren Aufheiterung des Himmels von $9\frac{1}{2}$ Uhr bis $10\frac{3}{4}$ Uhr nur 11 Sternschnuppen, Novbr. 13 von 5^h 56^m bis 10^h Ab., 24 Sternschnuppen.[6])

1841 Novbr. 13 bis 14. In *Breslau* wurden von 10^h 30^m bis 12^h 40^m von 9 Beobachtern 88 Sternschnuppen gesehen, und von 15^h 54^m bis 17^h 59^m von 6 Beobachtern 92. Die meisten waren ziemlich hell und ihr Haupttummelplatz war die bekannte Gegend im Perseus. Es kommen also durchschnittlich auf 1 Stunde 45 Sternschnuppen.

An anderen Orten Schlesiens wurden theils des ungünstigen Wetters wegen, theils aus localen Gründen nur

1) *Ac. de Paris.* 1841, Nov. 29.
2) *Ac. de Brux.* 1841. Dec. 4.
3) Ibidem 1842, Mai 9.
4) *L'Instit.* No. 428.
5) Ibidem.
6) Heis: Period. Sternschn. S. 29.

wenig Sternschnuppen in den Nächten des 12. und 13. Novbr. beobachtet.

1842 Novemb. 11/12 haben Colla zu *Parma*, Passerini zu *Guastalla*, Mayer in *Mailand* und *Fournet* in *Lyon* eine grofse Menge Sternschnuppen gesehen, besonders im Orion und Stier. Ebenso hat Marcel de Serres in *Montpellier* Novbr. 7. 8. 9. 10 und 11. auf die Sternschnuppen geachtet und gefunden, dafs sie in der Nacht vom 10. zum 11. Novbr. am zahlreichsten gewesen seyen (25 in einer Stunde am dritten Theile des Himmels). Zu *Paris* hat Gaudin eine ungewöhnliche Menge Sternschnuppen gesehen[1]).

Novbr. 14 hat Herrick in New-Haven v. 3^h bis 4^h Morg. 45 Sternschnuppen gesehen (alle in westlicher Richtung); aus *Rochester* wurde vom Novbr. 15 gemeldet, dafs in der kurzen Zeit zwischen Monduntergang und Sonnenaufgang (nicht ganz eine Stunde) 150 bis 200 Sternschnuppen gesehen worden seyen; oft erschienen 6 bis 7 auf ein Mal[2]).

Dagegen berichtet Quetelet, dafs er in der Nacht von Novemb. 11 bis 12 noch weniger Sternschnuppen bemerkt habe, als in einer gewöhnlichen Nacht.

1843 ergeben während der November-Periode fast alle Berichte, wo sonst auf sie besonders geachtet wurde, trübe Witterung, welche jede Beobachtung vereitelte. In *Nordamerika* wurden Beobachtungen angestellt, aber sowohl Bache, als Espy, fanden ihre Anzahl von 12 bis 14 weit unter dem gewöhnlichen Mittel einer heiteren Nacht[3]).

1844 sind mir auch blos negative Berichte des November-Phänomens zu Gesicht gekommen; jedenfalls scheint keine aufsergewöhnliche Erscheinung Statt gefunden zu haben. Colla in *Parma* hat von Novbr. 11 bis 14 nur äufserst wenig Sternschnuppen gesehen; dasselbe ist der Fall in *Genf*, *Mailand*, *Piacenza* und *Guastalla*.[4])

1) *L'Inst.* No. 468, 475, 477.
2) *l'Inst.* No. 571.
3) Ibidem.
4) *L'Inst.* No. 573.

Darlu schreibt aus *Valparaiso*, dafs er seit 2 Jahren dort von Novbr. 11 bis 15 auf die Sternschnuppen geachtet, aber keine bemerkenswerthe Erscheinung wahrgenommen habe. (Inst. No. 598).

1845. Im November ist ebenfalls das Phänomen ausgeblieben, wie die Berichte melden.

1846 Novbr. 12 bis 13 sind zu *Wien* 239 Sternschnuppen gesehen worden und Mayer in *Mailand* zählte Novb. 13 von 7^h 11^m bis 7^h 53^m, wo es sich wieder eintrübte, 27, also wieder ein ziemlich bedeutendes Vorwalten des November-Phänomens in diesem Jahre[1]).

In *Aachen* wurden Novbr. 12 von 6^h 14^m bis 11^h 58^m 113 Sternschnuppen (also stündlich 20) gesehen, von denen die meisten aus dem Perseus zu kommen schienen, und demnächst aus dem grofsen Löwen. Novbr. 13 wurden ebenda von 6^h 22^m bis 13^h 191 Sternschnuppen (stündlich also 29) beobachtet. Das Maximum der Erscheinung trat schon vor Mitternacht (11 bis 12 Uhr) ein, nämlich 37 in einer Stunde. Die vorwaltende Richtung ging von dem Punkt P im Perseus aus[2]).

Novbr. 8. 9. 12. 13. 14. 15. hat Colla in *Parma* Sternschnuppen in grofser Anzahl gesehen, und zwar vorherrschend in der Richtung von N.O. bis S.W.[3]).

Novbr. 10 bis 12 sah Miller in Whitehaven ungewöhnlich viel Sternschnuppen[4]). In *Nordamerika* blieb das November-Phänomen aus[5]).

1847 Novbr. 12/13 wurden in *Aachen* bei zum Theil bewölktem Himmel 50 Sternschnuppen beobachtet[6]).

1847 Novbr. 12/13 hat Lowell zu *Nottingham* ungewöhnlich viel Sternschnuppen gesehen[7]).

1847 Novbr. 13 beobachtete Dr. Forster in Brügge

1) *L'Instit.* No. 683.
2) Heis, a. a. O., p. 29.
3) *Rep. of the Brit. Ass. f.* 1849.
4) *Ibidem, f.* 1850.
5) *L'Inst.* No. 710.
6) Heis, a. a. O S. 29.
7) *Rep. of the Brit. Ass. f.* 1848.

während einer kurzen Aufheiterung von 10^h bis 13^h 58^m mehrere Hunderte von kleinen, weifsen Meteoren; sie hatten meist Schweife hinter sich und bewegten sich in der Richtung nach N.N.W.[1])

Zu *Benares* in *Indien* sind nach einem Briefe an Arago in der Nacht von Novbr. 12/13 sehr viel Sternschnuppen gesehen worden[2]).

1848 Novbr. 13/14 hat Coulvièr-Gravier zu *Paris* in $2\frac{1}{2}$ Stunden (allerdings bei Mondschein und Schleiergewölk) nur 10 Sternschnuppen gesehen, also eine sehr geringe Anzahl für eine aufsergewöhnliche Erscheinung[3]).

1848 Novbr. 13/14; Forster in *Brügge* hat in derselben Zeit eine grofse Menge kleiner Sternschnuppen gesehen, im Allgemeinen in der Richtung nach N.N.W.[4]).

1849, November 12, wurden in *Breslau* von mir und 11 anderen Beobachtern von $10\frac{1}{4}$ Uhr bis $12\frac{1}{4}$ Uhr 88 Sternschnuppen (darunter eine Feuerkugel) und Novbr. 13 in derselben Zeit 29 beobachtet. (In den Jahren 1840 bis 1849 konnte das November-Phänomen in Breslau trüben Wetters wegen nicht beobachtet werden.)

Novbr. 12 hat Colla in *Parma* in 6 Stunden 35 Sternschnuppen gezählt; sie waren meist sehr klein und kamen von verschiedenen Ausgangspunkten her. Auch ward November 13 in Italien eine grofse Feuerkugel gesehen, welche bei Tunis niederfiel[5]).

Novbr. 14 beoachtete Birt in *England* nur äufserst wenig Sternschnuppen. Dagegen meldet die Bombay Times v. 1849 Novbr. 17, dafs in den Nächten von Novbr. 7. 8. 9. in *Indien* aufsergewöhnlich viel Sternschnuppen bemerkt worden seyen[6]).

(Schlufs folgt.)

1) Astr. Soc. Not. IX. p. 37.
2) C. R. t. XXVI. p. 222.
3) C. R. t. XXVII. No. 20.
4) R. Soc. 1848. Dec. 8.
5) *L'Inst.* No. 859.
6) *Rep. of the Brit. Ass. f.* 1850.

IX. *Einige Beobachtungen an Glasthränen; von E. Reusch.*

Die mir zu Gesicht gekommenen Glasthränen enthielten fast durchaus gröfsere oder kleinere Hohlräume. Dafs dieselben der Hauptsache nach als Vacua anzusehen sind, davon überzeugte ich mich folgendermafsen: von einer Glasthräne, an welcher der Hohlraum ziemlich nahe dem äufseren Umfang lag, wurde zuerst mit einer Smirgelfeile (Smirgel mit Schellak) die oberste Haut weggenommen, dann mit einem glasharten, dreikantig zugespitzten Stahlbohrer unter Oel die äufsere Hülle durchbrochen; im Augenblick des Durchbruchs füllte sich der Hohlraum mit Oel bis auf ein winziges Bläschen, das wohl eben so gut von der im Oel absorbirten Luft herrühren könnte, als von einem gasigen Inhalt.

Merkwürdig war mir von jeher die grofse Gewalt, die man anwenden mufs, um das Schwänzchen abzubrechen; überschreitet dessen kleinste Dicke 2 bis 3 ^{mm} und ist überdies die Glasthräne nicht sehr lang, so ist sie nicht in gewöhnlicher Weise zerstörbar. Ich habe einige Versuche angestellt zur Bestimmung der gröfsten Spannung im Moment des Bruchs. In eine ovale Messinghülse wurden kleine Löcher gebohrt, durch die das Schwänzchen eingeführt wurde; die birnförmige Partie ragte noch in genügender Länge hervor und die in der Hülse befindliche Partie wurde durch eingegossenen Gyps fixirt. Zwei an der Birne befestigte gewachste Fäden bestimmten einen schmalen Raum zur Anbringung eines Hakens mit Schale, in welche Schrote in feinem Strahle aus kleiner Höhe herabfielen. Vorher aber wurden noch gemessen: der horizontale Abstand l des Hakens von der Hülse, die Axen a und b des meist eliptischen Querschnitts in der Nähe der Hülse, wobei a horizontal gedacht ist; der Versuch lieferte die Belastung P für den Moment des Bruchs. Be-

zeichnet man noch mit R die gröfste Spannung in den äufsersten Theilen des Querschnitts für denselben Moment, so hat man nach einem bekannten Satz der Festigkeitslehre

$$Pl = R\frac{\pi}{32}ab^2, \quad R = \frac{32}{\pi}\frac{Pl}{ab^2}.$$

Die nachfolgende Tabelle enthält die Resultate von drei Versuchen, wobei R in Kilogrammen per Quadratmillimeter gegeben ist.

	a mill	b	l	P kil	R
1	3,20	3,40	24	14	92,5
2	3,70	4,30	38	9,8	55,4
3	3,19	3,40	26,2	7,8	56,4

Die so gefundenen Werthe von R sind wohl ziemlich unsicher, aber von einer Gröfse, wie man sie in den Tabellen über die Festigkeit der Metalle nur bei Stahl und Eisen findet.

Glasgefäfse mit Wasser gefüllt, in welches der birnförmige Theil einer Glasthräne beim Abbrechen hineingehalten wird, werden bekanntlich sehr häufig zertrümmert, sogar bei ziemlicher Wanddicke des Gefäfses. Interessanter ist aber vielleicht der folgende Versuch: eine Glasthräne wird mittelst eines seitlichen Stativs in der Mitte eines kleinen Opodeldokglases freischwebend gehalten und geschmolzenes Colophonium in das Glas gegossen. Bricht man nun, nachdem das Harz vollkommen erstarrt und abgekühlt ist, das hervorragende Schwänzchen ab, so zerfährt das Glas mit Heftigkeit: die mit der Birne in Berührung gewesenen Harzfragmente zeigen eine tiefgehende Durchsplitterung, aber, was die Hauptsache ist, die Glasthräne selber bildet ein, wenn auch loses Continuum, das sich wie ein Kern aus der geborstenen Harzschale abgelöst hat. Die Oberfläche der natürlich undurchsichtig gewordenen Birne zeigt einen eigenthümlichen Schiller. Zerbröckelt man den Kern, so erhält man leicht einen Körper, der aus einer unteren Halbkugel (von der Birne herrührend) und einem

aufgesetzten Kegel besteht, an gewisse Formen des Hagels erinnernd. Parallel den Berührungsebenen des Kegels scheint eine ziemlich regelmäfsige Absonderung in dem Kerne zu bestehen, und weil die Absonderungsflächen an gewissen Stellen ziemlich kleine Winkel mit der Oberfläche machen, so erklärt sich hieraus der oben erwähnte Schiller. (S. diese Annalen, Band CXVI. S. 392.)

Ich beschränke mich auf die Mittheilung der obigen Thatsachen. Eine vollkommen befriedigende Erklärung der Ursachen der Härte und Sprödigkeit des gehärteten Glases und Stahls, sowie der Wirkung des Kühlens und Anlassens besitzen wir meines Wissens noch nicht; in Betreff des Glases enthält allerdings die chemische Technologie von F. Knapp, Bd. I. S. 386, sachkundige Bemerkungen. Ob die Explosivkraft der platzenden Glasthränen eine direkte Wirkung der von der plötzlichen Abkühlung herrührenden Spannungen ist, oder ob die durch eine Erschütterungswelle gelockerten Glaspartikeln, unter der Wirkung der Attractivkräfte, als elastische Körper zusammentreffen und sofort wieder auseinanderfahren: das ist eine weitere Frage, deren Entscheidung aber wiederum mit einer klaren Einsicht in den Zustand des gehärteten Glases zusammenhängt. Vielleicht finden sich competentere Physiker durch meine Mittheilung veranlafst, dem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Tübingen, den 4. Februar 1867.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

170
L

1867. ANNALEN No. 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXXX.

I. *Reflexion und Brechung des Lichts an sphärischen Flächen unter Voraussetzung endlicher Einfallswinkel; von E. Reusch.*

Das Problem der Reflexion und Brechung des Lichts an beliebigen Flächen ist bekantlich zuerst von Malus[1]) in seiner ganzen Allgemeinheit gelöst worden. Seither haben sich der Reihe nach mehrere Mathematiker ersten Rangs eingehend mit demselben Probleme beschäftigt, aber trotzdem ist von den Resultaten dieser Untersuchungen nur äufserst Weniges in die Lehrbücher der Physik übergegangen. Nun liegt es zwar in der Natur der Sache, dafs die elementare Physik jene Resultate nicht in ihrer vollen Allgemeinheit zur Anschauung bringen kann, aber andrerseits scheint der Zeitpunkt gekommen, wo man auch von einer elementaren geometrischen Optik in dieser Beziehung mehr verlangen mufs, als bisher. Ich denke an den Astigmatismus, an die Objective des Mikroskops, des Photographen, an die Linsensysteme des Polarisationsinstruments von Nörremberg, ferner an die Verfolgung eines elementaren Strahlenbüschels durch ein Planglas, einen belegten Glasspiegel, ein Prisma; auf alle hier sich darbietenden Fragen läfst sich keine präcise Antwort geben, so lange man bei der Annahme unendlich kleiner Einfallswinkel stehen bleibt. Beschränkt man sich auf *sphärische* Flächen und auf *centrisch* einfallende Lichtbüschel d. h. solche, die von einem Punkte ausfahren oder gegen einen Punkt convergiren, so erhält man auch für endliche Einfallswinkel ziemlich einfache anschauliche Sätze, von denen ich glaube, dafs sie

1) *Journal de l'école polytechnique Tome* VII. 1808.

Eigenthum der elementaren Optik werden könnten und sollten. Diese Sätze habe ich in einem Universitätsprogramm von 1857 synthetisch abgeleitet und werde mir im Folgenden erlauben, dieselben in möglichster Kürze mitzutheilen.

1. Ueber die tetraëdrische Modification eines centrischen Lichtbüschels durch Reflexion oder Brechung an einem spärischen Elemente.

Unter Voraussetzung unendlich kleiner Einfallswinkel läfst sich zeigen, dafs centrisch einfallende Strahlen nach Reflexion oder Brechung an einer Kugel sich wieder in einem Punkte kreuzen d. h. centrisch bleiben. Bilden aber centrische Strahlen endliche Winkel mit den Normalen des Kugelelements, so findet diese einfache Beziehung nicht mehr statt; man kann sich aber durch elementare Betrachtungen eine Vorstellung verschaffen von der eigenthümlichen Modification, welche der Lichtbüschel erfährt. In Fig. 1 Taf. VIII sey C der Mittelpunkt der reflectirenden oder brechenden Kugel, L sey der leuchtende Punkt oder allgemeiner das Strahlencentrum, das betrachtete Kugelelement liege bei M[1]). Zur näheren Bestimmung des Elements betrachten wir die Kugel als Rotationsfläche um CL als Axe und denken uns dasselbe einmal enthalten zwischen zwei unendlich nahen durch m und m' gehenden Parallelkreisen ama', $bm'b'$, dann zwischen zwei unendlich wenig gegen einander geneigten Meridianen anb, $a'n'b'$. Die Ebene des Papiers entspreche der mittleren Meridianebene; in ihr liegt der mittlere einfallende Strahl LM und der ihm nach einer ersten Reflexion oder Brechung entsprechende Strahl MR. Nun können wir die von L auf das Element fallenden Strahlen auffassen entweder als die Gesammtheit der kegelförmigen Strahlenfächer, welche auf alle Parallelkreise von aa' bis bb' auffallen, oder als die Gesammtheit der ebenen und einander gleichen Strahlenfächer, welche auf allen Meridianen von ab bis $a'b'$ endi-

1) In der Figur ist nur die Brechung in's Auge gefafst. Das Element bei M ist der Anschaulichkeit wegen übermäfsig grofs gezeichnet.

gen. Im ersten Falle entspricht jedem kegelförmigen Fächer ein Brennpunkt auf der Axe LC und es liegen daher alle diese Brennpunkte, sammt dem *Brennpunkte P für die Strahlen des mittleren Parallels,* auf der durch die äufsersten Strahlen mp und $m'p'$ bestimmten unendlich kurzen Brennlinie pp'. Diese äufsersten Strahlen kreuzen sich aber im Allgemeinen in einem anderen Punkte Q von MR, und *es ist Q der Brennpunkt für die Strahlen des mittleren Meridians.* Die Brennpunkte der Strahlenfächer aller übrigen Meridiane liegen auf einem unendlich kleinen Kreisbogen qq', der mit seiner Mitte Q senkrecht zur mittleren Einfallsebene steht und dessen Winkelgröfse durch den Flächenwinkel der äufsersten Meridiane gemessen wird. Hiernach ist die äufsere Umgrenzung des Strahlenbüschels zwischen P und Q, oder genauer zwischen den unendlich kleinen Brennlinien pp' und qq', die eines *Tetraëders* $pp'qq'$, in welchem die Kanten pq, pq', $p'q$, $p'q'$ von der Ordnung der mittleren Länge PQ, also wie sich zeigen wird, im Allgemeinen endlich sind, und wo die Brennlinien pp' und qq' ein Paar rechtwinklicher Gegenkanten bilden.

Es ist wichtig zu bemerken, dafs die *tetraëdrische Gestaltung* des Strahlenbüschels nicht etwa durch die von uns gewählte regelmäfsige Form des Elements bedingt ist; denn denkt man sich ein kreisförmiges oder elliptisches Element durch die Parallelkreise aa', bb' und die Meridiane ab, $a'b'$ umschrieben, so finden die obigen Betrachtungen ihre Anwendung in derselben Weise, und der einzige Unterschied ist der, dafs durch die dem Umfang des Elements näheren Meridiane und Parallelkreise weniger Strahlen gehen, als durch die mittleren.

Sind die Punkte P und Q bestimmt (und das wird die Hauptaufgabe des folgenden Paragraphen seyn), ist ferner die Form des Elements gegeben, so erhält man das Tetraëder als enthalten zwischen zwei den Umfang des Elements berührenden Paaren von Ebenen, von denen das

erste Paar durch die Axe LCP geht und das zweite senkrecht zum mittleren Meridian steht und durch Q geht.

2. Hülfssatz.

Um im Folgenden Wiederholungen zu vermeiden, mag ein leicht zu beweisender auch sonst angewandter geometrischer Satz hier eingeschaltet werden.

Geht die Verbindungs- oder Standlinie zweier Punkte, von denen der eine A (Fig. 2 Taf. VIII) immer auf xx', der andere B auf yy' liegt, allezeit durch einen in der Ebene xOy gelegenen Fixpunkt F, dessen Coordinaten $Oa = a$, $OB = b$ sind, so besteht zwischen den Segmenten $OA = x$ und $OB = y$ die Relation

$$\frac{a}{x} + \frac{b}{y} = 1.$$

Und umgekehrt: besteht diese Relation zwischen den Segmenten OA und OB einer beweglichen Geraden AB, so geht dieselbe immer durch einen Fixpunkt F, dessen Coordinaten die Gröfsen a und b sind. — Bei den Gröfsen x, a, y, b kommen in bekannter Weise sowohl die absoluten Längen als die Vorzeichen in Betracht.

3. Reflexion an der Kugel.

In Fig. 3 Taf. VIII sey $CM = 2f$ der Halbmesser der reflectirenden Kugel, $LMN = \alpha$ der Einfallswinkel für den Mittelstrahl LM. Dieser trifft den durch LM und MN gehenden Grofskreis noch in einem Punkte A, und man erhält den reflectirten Mittelstrahl, indem man $NB = NA$ macht und MB zieht.

Die mit L conjugirten Punkte P und Q, der erste für die Reflexion am mittleren Parallel, der zweite für die Reflexion am mittleren Meridian, werden nun gefunden, indem man L mit den Punkten C und J verbindet, wovon der erste der Kugelmittelpunkt ist, der zweite auf der Mitte der Geraden liegt, welche die Mitten i und i' der Sehnen MA, MB verbindet. — Der Punkt J kann auch als Schwerpunkt des Liniensystems AMB bezeichnet werden. — Denkt man

sich nun den Punkt L auf der Richtung LM irgend wie verschoben, so ist hiernach die Strecke PQ (sie mag im Ferneren *Tetraëderstrecke* genannt werden) die Projection von CJ auf den reflectirten Mittelstrahl für L als Projectionscentrum.

Dafs C ein Fixpunkt der Standlinie LP ist, folgt unmittelbar aus No. 1. Zieht man durch C Parallelen mit MB und MA, so erhält man die untereinander gleichen Coordinaten von C und es ist eine davon $Mf = f \sec \alpha$. Wird ferner $ML = l$, $Mp = p$ gesetzt, so hat man nach No. 2 die Relation

$$(1) \qquad \frac{1}{b} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f \sec \alpha}.$$

Kommt der Punkt L nach f, so laufen die Strahlen, nach der Reflexion am mittleren Parallelkreis, mit MB parallel; Strahlen, welche mit AM parallel einfallen, werden am mittleren Parallel gegen einen Punkt f_1 auf MB geworfen, der von M denselben Abstand hat wie f. (die Figur enthält wegen Mangels an Raum für die Buchstaben den Punkt f_1 nicht.)

Zur Untersuchung der am mittleren Meridian reflectirten Strahlen ziehe man (Fig. 3 Taf. VIII) einen Strahl Lam, der mit LM einen unendlich kleinen Winkel bildet, ziehe das Loth mn und mache $nb = na$; der so bestimmte reflectirte Strahl mb trifft MB in einem Punkte Q, dessen Abstand von M mit q bezeichnet werde. Nun besteht zwischen den Bögen $Mm = Nn$, Aa, Bb die Relation

$$2Mm + Aa - Bb = o$$

welche für alle Lagen von L auf LM gilt, wenn man nur die Vorzeichen der Bögen Aa, Bb so bestimmt, dafs sie gleiche oder entgegengesetzte Vorzeichen mit Mm erhalten, je nachdem sie mit Mm auf gleicher Seite oder auf entgegengesetzten Seiten der Sehnen MA und MB liegen. Andrerseits lassen sich die Bögen Aa, Bb mit Hülfe der zwei Paare unendlich kleiner ähnlicher Dreiecke LMm, LAa und MmQ, BbQ als dem Bogen Mm proportionale Gröfsen ausdrücken. Setzt man daher die letzteren Werthe

in die obige Relation, so geht Mm als Factor fort und es bleibt

$$(2) \qquad \frac{1}{l}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f\cos\alpha}$$

Nach No. 2 sind $f\cos\alpha$ die zwei gleichen Coordinaten des Fixpunktes, und weil $f\cos\alpha = M\varphi$ ein Viertel der Sehne MA ist, so hat der Fixpunkt J die oben angegebene Lage. Die Punkte φ u. φ_1 (der letztere in der Figur fehlend) haben für die Reflexion am mittleren Meridian dieselbe Bedeutung, wie die Punkte ff_1 für die Reflexion am mittleren Parallel.

In der Figur ist die Reflexion an der hohlen Seite des Spiegels in's Auge gefafst; es ist aber einleuchtend, dafs der Convexspiegel keine besondere Untersuchung erfordert, denn man kann z. B. den Punkt L auch ansehen als Convergenzpunkt eines auf die Convexität bei M auffallenden Büschels, und dann bleiben P und Q die conjugirten, aber nun virtuellen Brennpunkte von L.

Dafs der Punkt Q der Katakaustika des Punkts L angehört, ist klar. — Endlich mag noch bemerkt werden, dafs die Tetraëderstrecke, welche für verschiedene Incidenzen und Lagen von L alle möglichen Werthe annehmen kann, nur für normale Incidenz verschwindet und dafs in diesem Falle die Relationen (1) und (2) in der bekannten Gleichung

$$\frac{1}{l}+\frac{1}{p}=\frac{1}{f}$$

zusammentreffen.

4. Brechung an einer ebenen Fläche.

Es sey Ot (Fig. 4) die ebene Gränze zweier verschiedener Medien I und II, das Licht gehe von I nach II und divergire von L in I. Die Richtung, welche der Mittelstrahl LM nach der Brechung einschlägt, bestimmt sich im Sinne der Wellenlehre dadurch, dafs man aus M zwei Kreise zieht, deren Halbmesser $Ma = a$, $Mb = b$ sich verhalten, wie die Geschwindigkeiten des Lichts in den Me-

dien I und II; dafs man ferner in a, wo der Kreis vom Halbmesser a von LM getroffen wird, die Tangente at zieht, und von dem in der Trennungsebene liegenden Punkt t eine Tangente tb an den Kreis vom Halbmesser b legt und endlich Mb zieht. Setzt man $\angle LMN = Mta = \alpha$, $\angle bMN' = Mtb = \beta$, so geben die Dreiecke Mta, Mtb die Relationen:

$$Mt \sin\alpha = a, \quad Mt . \sin\beta = b,$$

woraus folgt

$$(3) \qquad \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{a}{b} = n,$$

wo n der Brechungscoëfficient des Lichts für den Uebergang von I nach II ist. Bei der Zeichnung nimmt man $b = 1$ beliebig und hat dann $a = n$. Schneller zum Ziel führt hierbei die aus (3) folgende Relation:

$$b \sin\alpha = a \sin\beta \text{ oder } \sin\alpha = n \sin\beta,$$

wonach die Punkte b' und a', in welchen die Kreise von den ungleichnamigen Strahlen (Kreis b von Strahl in I, Kreis a von Strahl in II) getroffen werden, einerlei Abstand, $a'a'' = b'b''$, vom Einfallsloth haben. — In einem früheren Aufsatz (diese Annalen, Band CXVII, S. 241) habe ich gezeigt, wie leicht mit Hülfe dieser Bemerkung der Gang des Lichts durch ein Prisma verfolgt und der Satz von der kleinsten Ablenkung erwiesen werden kann.

Die mit L conjugirten Punkte P und Q, der erste für die Brechung am mittleren Parallel, oder für die Brechung des zur Einfallsebene senkrechten Strahlenfächers, der zweite für Strahlen in der Einfallsebene, bestimmen sich folgendermafsen: P liegt mit L auf einer Parallele zum Einfallsloth, oder die Standlinie PL hat einen Fixpunkt im Unendlichen auf NN'. Ebenso entspricht der Standlinie LQ ein Fixpnnkt im Unendlichen auf einer schiefen Geraden durch M, deren Richtung graphisch dadurch bestimmt wird, dafs man die Punkte λ und μ verbindet, wovon der erste die Projection von b'' auf LM, der zweite die von a'' auf Mb ist.

Das P gegen L die angegebene Lage hat, ist leicht zu

zeigen: fällt man nämlich das Loth LO auf die Trennungsfläche und beschreibt in derselben mit OM einen Kreis aus O, so werden alle auf den Umfang des Kreises fallenden Strahlen so gebrochen, dafs sie durch P gehen, folglich auch die im Bereich des Elements liegenden. Setzt man $ML = l$, $MP = p$, so hat man $l \sin \alpha = p \sin \beta$, woraus mit (3) folgt

$$(4) \qquad p = nl.$$

Zur Bestimmung des Punktes Q, für welchen $MQ = q$ sey, betrachte man einen Strahl Lm, der in der Einfallsebene unendlich nahe bei M einfällt; der ihm entsprechende gebrochene Strahl schneidet den gebrochenen Mittelstrahl eben in Q. Die Winkel MLm, MQm sind alsdann zusammengehörige Aenderungen $d\alpha$ und $d\beta$ des Einfalls- und Brechungswinkels und hängen daher durch die Gleichung zusammen

$$\cos \alpha . d\alpha = n \cos \beta . d\beta.$$

Ferner erhält man für die von M auf Lm und Qm gefällten Perpendikel die Werthe

$$l . d\alpha = Mm . \cos \alpha, \quad q . d\beta = Mm . \cos \beta.$$

Eliminirt man aus den letzten drei Gleichungen Mm $d\alpha$, $d\beta$, so kommt

$$(5) \qquad q = n \left(\frac{\cos \beta}{\cos \alpha}\right)^2 . l = \nu . l$$

wo

$$(6) \qquad \nu = n \left(\frac{\cos \beta}{\cos \alpha}\right)^2 .$$

Die Gröfse ν ist für eine gegebene Incidenz constant; wie sie sich mit derselben ändert, mag aus der Tabelle am Schlufs ersehen werden, in welcher für α als Argument für $n = 1{,}5$ die Werthe von β und ν enthalten sind.

Dafs die Standlinie LQ der früher bestimmten Geraden $\lambda\mu$ parallel ist, ergiebt sich aus den Werthen für die Strecken $M\lambda = b \cos^2 \alpha$, $M\mu = a \cos^2 \beta$, woraus, da $\frac{a}{b} = n$ ist, folgt

$$\frac{M\mu}{M\lambda} = n \left(\frac{\cos \beta}{\cos \alpha}\right)^2 = \frac{q}{l} .$$

Der Winkel $PLQ = \vartheta$, welchen die Standlinie LQ mit dem Einfallsloth macht, ist bestimmt durch

$$(7) \quad \text{tang}\,\vartheta = \frac{q\sin\beta - l\sin\alpha}{q\cos\beta - l\cos\alpha} = \frac{\nu - n}{\nu\,\text{cotg}\,\beta - n\,\text{cotg}\,\alpha}.$$

Der Fall, dafs das Licht gegen einen Punkt im Medium II z. B. gegen λ convergirt, bedarf kaum einer besondern Untersuchung: man sieht leicht, dafs die Punkte π und μ den Punkten P und Q entsprechen. — Geht das Licht von II nach I, wobei es von einem Punkte L im Medium II divergiren oder gegen einen Punkt L' im Medium I convergiren kann, so haben die Punkte P, Q und P', Q' die in Fig. 5 verzeichnete Lage. Für gleiche Werthe von β in Figur 4 u. 5 hat die Standlinie LQ dieselbe Richtung. Man merke hierbei, dafs, während für den Uebergang des Lichts von I nach II die Gerade LP, um in die Richtung von LQ zu kommen, sich vom Einfallsloth hinweg drebt, das Gegentheil stattfindet für den Uebergang des Lichts von II nach I.

5. Brechung an einer Kugelfläche.

Die Trennungsfläche der Medien I und II sey eine Kugel vom Halbmesser $CM = r$, (Fig. 6); der leuchtende Punkt L liege in I, der Kugelmittelpunkt in II; LMA sey der einfallende Mittelstrahl, MBP der gebrochene. Die Winkel $NMA = \alpha$, $NMB = \beta$ hängen durch die Gleichung $\sin\alpha = n\sin\beta$ zusammen.

A. Nun ist vor Allem einleuchtend, dafs alle auf dem mittleren Parallel durch M auffallenden Strahlen nach der Brechung gegen den Punkt P convergiren, in welchem der gebrochene Mittelstrahl von LC getroffen wird; überdiefs kann hierbei das Licht von einem Punkte L in I divergiren oder gegen einen Punkt der in II hinein verlängerten LM convergiren. Der Kugelmittelpunkt C ist daher ein Fixpunkt für den zur Einfallsebene senkrechten mittleren Strahlenfächer. Zieht man ferner Cf_1 parallel LM und Cf parallel MP, so sind die mit f und f_1 bezeichneten Strecken

Mf, Mf_1 die Coordinaten des Fixpunkts C und man hat (Nro. 2)

$$(8) \qquad \frac{f}{l} + \frac{f_1}{p} = 1,$$

wo l und p wie immer die Segmente ML und MP bezeichnen und wo für f und f_1 die aus der Figur ablesbaren Werthe gelten;

$$(9) \qquad f = \frac{r \sin \beta}{\sin(\alpha - \beta)}, \quad f_1 = \frac{r \sin \alpha}{\sin(\alpha - \beta)}; \quad f_1 = n f.$$

Die Gröfse f_1 ist die Brennweite für Strahlen, welche in I parallel mit LM gehen; f die Brennweite für Strahlen, die in II parallel mit PM gehen, natürlich unter Voraussetzung von Strahlen, die am mittleren Parallel auffallen.

B. Auch den in der Einfallsebene gebrochenen Strahlen entspricht ein Fixpunkt J (Fig. 6), so dafs also LJ verlängert den gebrochenen Mittelstrahl in dem für die Brechung im Meridian conjugirten Brennpunkt Q schneidet. Es mag zunächst bemerkt werden, dafs J auf der Geraden liegt, welche für eine ebene Trennungsfläche die Richtung der Standlinie LQ (Fig. 5) bestimmt, und welche daher mit MC den durch die Formel (7) bestimmten Winkel ϑ macht. Den Abstand MJ anlangend, so ist derselbe für den Uebergang von Luft in Glas ($n = 1{,}5$) und für Einfallswinkel bis gegen 70° im Allgemeinen wenig von MC verschieden; er nimmt aber von 70° bis 90° bis auf $\frac{3}{4}\,MC$ ab. Die Sache bedarf aber einer nähern Untersuchung und wir betrachten zu diesem Zweck einen Punkt m des Meridians (Fig. 6) unendlich nahe bei M, ziehen den Strahl Lma und bestimmen den zugehörigen gebrochenen Strahl mb, wodurch der Punkt Q und der Abstand $MQ = q$ gefunden wird.

Wir suchen zuerst eine Relation zwischen den Bögen Mm, Aa, Bb. Nun ist $\angle nma = \alpha + d\alpha$, $\angle nmb = \beta + d\beta$, folglich

$$NA = 2r\alpha, \; na = nN + NA + Aa = 2r(\alpha + d\alpha),$$
$$NB = 2r\beta, \; nb = nN + NB + Bb = 2r(\beta + d\beta).$$

Hieraus folgt, da $Nn = Mm$ ist, zunächst

$$\frac{Mm + Aa}{2r} = d\alpha, \quad \frac{Mm + Bb}{2r} = d\beta,$$

und weiter, da $\frac{d\alpha}{d\beta} = \frac{n\cos\beta}{\cos\alpha}$, $MA = 2r\cos\alpha$, $MB = 2r\cos\beta$,

$$(a) \qquad \frac{Mm + Aa}{Mm + Bb} = \frac{n \cdot MB}{MA}.$$

Andererseits liefern die an der Gränze einander ähnlichen Dreieckspaare, LMm, LAa und QMm, QBb zwei Proportionen, aus denen man leicht die folgende Gleichung ableitet:

$$(b) \qquad \frac{Mm + Aa}{Mm + Bb} = \frac{1 + \frac{MA}{2l}}{1 - \frac{MB}{2q}}.$$

Aus den Gleichungen (a) und (b) folgt aber

$$\frac{1}{l} \cdot \frac{MA^2}{2(n.MB - MA)} + \frac{1}{q} \cdot \frac{n.MB^2}{2(n.MB - MA)} = 1,$$

welche die Form

$$(10) \qquad \frac{\varphi}{l} + \frac{\varphi_1}{q} = 1$$

annimmt, und wo, nach Wiedereinführung der Winkel statt der Schnen, die Beziehungen bestehen:

$$(11) \quad \varphi = \frac{r\cos^2\alpha}{n\cos\beta - \cos\alpha}, \quad \varphi_1 = \frac{rn\cos^2\beta}{n\cos\beta - \cos\alpha}, \quad \varphi_1 = \frac{n\cos^2\beta}{\cos^2\alpha}\varphi.$$

Die zwei ersten Ausdrücke in (11) sind nach Nro. 2 die Coordinaten des Fixpunkts der Standlinie LQ; trägt man dieselben in Fig. 7 längs $M\varphi$ und $M\varphi_1$ auf und construirt darüber ein Parallelogramm, so ist dessen Ecke J der gesuchte Fixpunkt. Der Punkt φ_1 ist dann der Brennpunkt in II für Parallelstrahlen in I, und φ der Brennpunkt in I für Parallelstrahlen in II, natürlich unter Voraussetzung von Strahlenfächern, die im Meridian liegen. Dafs die Diagonale MJ die schon oben angegebene Richtung hat, folgt mit Rücksicht auf Nro. 3, Formel (6), aus der dritten der Gleichungen unter (11), nämlich:

$$\varphi_1 = n\left(\frac{\cos\beta}{\cos\alpha}\right)^2 \cdot \varphi = \nu \cdot \varphi.$$

Man kann endlich noch die Strecke $MJ = \varrho$ berechnen mit Hülfe der aus Dreieck $MJ\varphi$ folgenden Formeln

$$(12) \qquad \varrho = \varphi \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\beta - \vartheta)} = \varphi_1 \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha - \vartheta)}.$$

Die Tafel am Schlufs enthält nun aufser den schon genannten Elementen ν, ϑ noch die Werthe von ff_1, $\varphi\varphi_1$, sowie die Länge von ϱ, und soll überhaupt dazu dienen, die bei der Brechung an ebenen und sphärischen Flächen in Betracht kommenden Elemente für einen bestimmten Werth von $n = 1{,}5$ vorzuführen.

Fällt L mit M zusammen, so folgt entweder aus den Gleichungen (8) und (10) oder anschaulicher aus der Figur, dafs alsdann auch P und Q mit L zusammenfallen, eine Bemerkung, welche in gleicher Weise für die Reflexion am sphärischen Spiegel gilt.

Im Bisherigen wurde angenommen, das Licht divergire von einem Punkte im Medium I; convergirt es aber nach einem Punkte in II, der alsdann zwischen M und A liegen, oder auf A oder darüber hinausfallen kann, so überzeugt man sich leicht mit Hülfe der Relationen (a) und (b), in welchen alsdann die Vorzeichen der Bögen Aa, Bb nach einer ähnlichen Regel wie in No. 3 bestimmt werden, dafs man zu demselben Fixpunkt J gelangt und dafs nur das Vorzeichen von l in Gleichung (10) wechselt.

Ebenso folgt aus dem bisherigen unmittelbar, dafs für den Uebergang des Lichts von II in I dieselben Punkte C und J als Fixpunkte der betreffenden Standlinien auftreten, dafs somit die einem beliebig gegebenen Strahlencentrum entsprechende Tetraëderstrecke dadurch gefunden wird, dafs man die Strecke CJ von dem auf der einen Strahlrichtung (MA oder MB) gegebenen Centrum aus perspectivisch auf die andere Strahlrichtung (MB oder MA) projicirt.

Eine Eigenthümlichkeit mag noch erwähnt werden: Die Strecke CJ trifft, gehörig verlängert, die Strahlrichtung MA in einem Punkte λ, die Strahlrichtung MB in einem Punkte ϖ, und es ist einleuchtend, dafs diefs zwei conjugirte

Brennpunkte sind, für welche die Tetraëderstrecke oder der Astigmatismus verschwindet.

6. Einige Anwendungen.

Um unsre Sätze auf den Fall anzuwenden, dafs ein centrisches Lichtbüschel der Reihe nach mehrere Reflexionen oder Brechungen erfährt, müssen wir die Beschränkung hinzufügen, dafs alle späteren Einfallsebenen mit der ersten zusammenfallen, dafs also z. B. im Fall eines Prismas die Mittelstrahlen im Normalschnitt desselben liegen, oder dafs im Fall einer Reihe centrirter sphärisch begrenzter Medien, deren Mittelpunkte also auf einer gemeinschaftlichen Axe liegen, die erste Einfallsebene, und folglich alle übrigen, die Axe des Systems enthalten. Unter dieser Voraussetzung ist es möglich, nachdem zuvor die Richtungen des Mittelstrahls in allen Medien gefunden sind, einmal für die zur Einfallsebene senkrechten, und dann für die in derselben liegenden elementaren Strahlenfächer, für die ersten eine Reihe von Punkten L, P, $P_1, \ldots P_n$, für die zweiten eine Reihe von Punkten L, Q, $Q_1, \ldots Q_n$ zu bestimmen, wo in jeder Reihe zwei auf einanderfolgende Punkte nach den angegebenen Gesetzen conjugirt sind. Die Strecke P_n Q_n ist die definitive Tetraëderstrecke. Ein normales Auge, welches das so modificirte Licht aufnimmt, wird von dem Lichtpunkte L ein um so schärferes Bild erhalten, je kleiner jene Strecke im Vergleich mit ihrem Abstand vom Auge ist. — Einige Beispiele mögen zur Erläuterung des oben Gesagten dienen.

a) Das Planparallelglas.

In Fig. 7 Taf. VIII sey $LMM'A$ der Weg des mittleren Strahls für einen Strahlenbüschel das von L divergirt und auf das Flächenelement bei M unter dem Winkel α auffällt. Man lege nun durch L einmal die Standlinie PP' senkrecht zum Glase, dann die Standlinie QQ_1 unter dem, der gegebenen Incidenz entsprechenden Winkel $PLQ = \vartheta$; dann ist P_1Q_1 die definitive Tetraëderstrecke. Fügt man noch

zu den Bezeichnungen in No. 4 die weiteren: $M_1P_1 = p_1$, $M_1Q_1 = q_1$, Glasdicke $= \varepsilon$, so ist

$$p = nl,\ p_1 = \frac{1}{n}(MM_1 + p) = l + \frac{1}{n}MM_1$$

$$q = rl,\ q_1 = \frac{1}{\nu}(MM_1 + q) = l + \frac{1}{\nu}MM_1,$$

und hieraus die von l unabhängige Relation:

$$p_1 - q_1 = \frac{\varepsilon}{\cos\beta}\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{\nu}\right) = \varepsilon\frac{(n^2-1)\sin^2\alpha}{(n^2-\sin^2\alpha)^{\frac{3}{2}}}.$$

Wächst daher α von 0^0 bis 90^0, so variirt die Tetraëderstrecke von 0 bis $\frac{\varepsilon}{\sqrt{n^2-1}}$, oder für $n = 1{,}5$ von 0 bis $0{,}89 \cdot \varepsilon$.

b) *Der belegte Glasspiegel.* Fig. 8 Taf. VIII.

LMM_1M_2A sey der Gang des Mittelstrahls; der ersten Brechung bei M entsprechen die mit L conjugirten Punkte P und Q. Die Reflexion bei M_1, welche ohne tetraëdrische Modification geschieht, bringt die letztgenannten Punkte nach P_1 und Q_1, wobei $RP_1 = RP$; die Brechung bei M_2 bringt endlich die letzten Punkte nach P_2 und Q_2, wo Q_2 auf der Geraden Q_1S liegt, welche mit QS symmetrisch ist gegen M_1R. — Fügt man zu den Beziehungen des vorhergehenden Beispiels noch die folgenden: $M_2P_2 = p_2$, $M_2Q_2 = q_2$, so hat man:

$$p_2 = \frac{1}{n}M_2P_1 = \frac{1}{n}(2MM_1 + p) = l + \frac{2MM_1}{n}$$

$$q_2 + \frac{1}{\nu}M_2Q_1 = \frac{1}{\nu}(2MM_1 + q) = l + \frac{2MM_1}{\nu},$$

woraus

$$p_2 - q_2 = \frac{2\varepsilon}{\cos\beta}\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{\nu}\right) = 2\varepsilon\frac{(n^2-1)\sin^2\alpha}{(n^2-\sin^2\alpha)^{\frac{3}{2}}}.$$

Für $\alpha = 45^0$, $n = 1{,}5$ findet man z. B. $p_2 - q_2 = 0{,}54 \cdot \varepsilon$.

Für ein *rechtwinkliches Reflexionsprisma*, dessen Katheten die Länge k haben, erhält man durch ganz analoge Betrachtungen

$$p_2 - q_2 = \frac{\cos\beta}{k}\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{\nu}\right).$$

Für senkrechten Ein- und Austritt an den Kathetenflächen ist $\alpha = o$, $\beta = 0$, $\nu = n$, daher $p_2 - q_2 = 0$. Bei einem gebrochenen Fernrohr mit Prisma ist also das Bild eines Sterns in der Ebene der Kreuzfäden nicht tetraëdrisch modificirt, während, wenn ein unter 45° geneigter Spiegel von der Dicke ε angewendet würde, eine Tetraëderstrecke vom Betrag $0{,}54 \cdot \varepsilon$ aufträte, wodurch das scharfe Sehen beeinträchtigt würde. — Läuft das in's Prisma eintretende Licht parallel der Hypotenusenfläche, so giebt, für $\alpha = 45°$, $n = 1{,}5$, die obige Formel $p_2 - q_2 = 0{,}27 \cdot k$, also eine mit den Dimensionen des Prisma's wachsende Tetraëderstrecke.

c) *Das gewöhnliche Prisma.* Fig. 9 Taf. VIII.

Der Normalschnitt des Prisma's sey bac; der Weg des Mittelstrahls LMM_1A. Man legt nun durch L zwei Gerade LP und LQ (No. 4), die erste senkrecht zu ab, die zweite unter dem Winkel ϑ, welcher der Incidenz α entspricht. Ferner legt man durch P eine Senkrechte PP_1 zu ac, und durch Q eine Gerade QQ_1, welche mit PP_1 einen Winkel ϑ_1 macht, welcher dem Austrittswinkel α_1 entspricht; so sind P_1 und Q_1 die mit L für die zwei Brechungen im Prisma conjugirten Brennpunkte. Es sey nun $LM = l$, $MP = p = nl$, $MQ = q = \nu l$, $M_1P_1 = p_1$, $M_1Q_1 = q_1$, so hat man

$$p_1 = \frac{1}{n} M_1P = \frac{1}{n}(MM_1 + MP) = l + \frac{1}{n} MM_1 .$$

Es ist somit p_1 wenig von l verschieden.

Ferner ist, wenn man mit ν_1 den Werth der Constante ν für den Austritt bezeichnet,

$$q_1 = \frac{1}{\nu_1} M_1Q = \frac{1}{\nu_1}(MM_1 + MQ) = \frac{\nu}{\nu_1} l + \frac{1}{\nu_1} MM_1 .$$

Hiermit erhält man für die Tetraëderstrecke P_1Q_1

$$(a) \quad p_1 - q_1 = \frac{\nu_1 - \nu}{\nu_1} l + \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{\nu_1}\right) MM_1 ,$$

und für gleichwinklichen Eintritt und Austritt, d. h. *für kleinste Ablenkung des Mittelstrahls,*

$$(a_1) \quad p_1 - q_1 = \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{\nu}\right) MM_1 .$$

Für einen Mittelstrahl, welcher der kleinsten Ablenkung nahe steht, ist in dem Werthe für q_1 der Quotient $\frac{\nu}{\nu_1}$ wenig von der Einheit, daher auch, wenn wir MM_1 als klein gegen l voraussetzen, q_1 wenig von l verschieden. Näherungsweise können wir daher l als den Abstand ansehen, in welchem die Tetraëderstrecke P_1Q_1 vor einem Auge oder Beobachtungsfernrohr hinter M_1 liegt; aus demselben Grunde kann weiterhin der aus *(a)* folgende Quotient

$$(b)\quad \frac{p_1-q_1}{l} = \frac{\nu_1-\nu}{\nu_1} + \left(\frac{1}{n}-\frac{1}{\nu_1}\right)\frac{MM_1}{l}$$

zur Beurtheilung der Schärfe dienen, mit welcher der Punkt L durchs Prisma gesehen wird, in der Art, dafs je kleiner dieser Quotient, um so gröfser die Schärfe. Beim Spectralapparat mit Collimator befindet sich die Lichtspalte in der Brennweite des Collimatorobjectivs; hier ist l sammt p_1-q_1 unendlich und es verschwindet daher das letzte Glied, d. h. ob die aus verschiedenen Theilen des Objectiv's parallel ausfahrenden Strahlen von gleicher Brechbarkeit der Prismenkante näher oder ferner eintreten, ist ohne Einfluſs auf die Schärfe; dagegen bleibt die vom ungleichwinklichen Ein- und Austritt herrührende mit der Gröfse $\frac{\nu_1-\nu}{\nu_1}$ wachsende Undeutlichkeit. Der Umstand, dafs die letztgenannte Gröfse (je nach dem Vorzeichen von p_1-q_1 oder der Lage der Punkte P_1 und Q_1) auch negativ werden kann, könnte bei dem einfachen Spectralapparat von Mousson, wo l ohngefähr gleich der Sehweite ist und also das mit MM_1 behaftete Glied der Gleichung *(b)* nicht verschwindet, bewirken, dafs die gröfste Schärfe der Fraunhofer'schen Linien in einem Theile des Spectrum's aufträte, wo das Licht nicht unter kleinster Ablenkung steht.

(d) Die sphärische Linse. Fig. 10 Taf. VIII.

Es sey C der Mittelpunkt der Eintrittsfläche, C_1 der der Austrittsfläche; LMM_1R sey der Weg des Mittelstrahls, wobei, mit Rücksicht auf die im Anfang dieser Nummer gemachte Beschränkung, die Ebene LMM_1 und MM_1R in

einer die Axe CC_1 enthaltenen Ebene zusammenfallen. In dieser Ebene (zugleich die der Zeichnung) hat man nach No. 5 die Fixpunkte C und J für den Eintritt bei M, und die Fixpunkte C_1 und J_1 für den Austritt bei M_1. Die Geraden LC und LJ treffen nun die Richtung MM_1 in P und Q, und die Geraden PC_1 und QJ_1 schneiden die Richtung M_1R in den Punkten P_1, Q_1, welche eben die gesuchten mit L conjugirten Brennpunkte sind, und zwar Q_1 für die Strahlenfächer im Meridian, P_1 für die Strahlenfächer senkrecht darauf.

Ist eine der Linsenflächen eben, so finden die Sätze der No. 4 ihre Anwendung; man kann aber auch diese Sätze als speciellen Fall der in No. 5 enthaltenen Sätze ansehen und sagen: wächst der Halbmesser einer sphärischen Fläche ins Unendliche, so gehen die Punkte C und J auf den Richtungen MC und MJ ins Unendliche.

In Fig. 10 Taf. VIII ist der einfachere Fall berücksichtigt, wo der gebrochene Mittelstrahl durch den optischen Mittelpunkt O geht. In diesem Falle sind die Einfallslothe MC und M_1C_1 parallel, folglich die Winkel CMM_1 und C_1M_1M gleich, und LM parallel mit M_1R. Die Strecken CJ und C_1J_1 sind dann ebenfalls parallel und für die gleichseitige Linse überdiefs gleich.

Die verlängerte CJ treffe die Richtung LM in λ; ist alsdann λ der Convergenzpunkt eines einfallenden Strahlenbüschels, so ist der Punk ϖ, wo MM_1 von CJ getroffen wird, der conjugirte einzige Brennpunkt für den Eintritt; die Linien, welche ϖ mit C_1 und J_1 verbinden, bestimmen auf M_1R die nun ziemlich kleine Tetraëderstrecke.

Um die Tetraëderstrecke für parallel einfallendes Licht zu erhalten, ziehe man Cc, Ji parallel mit LM und verbinde c mit C_1, i mit J_1; die Schnittpunkte dieser Geraden mit M_1R sind die gesuchten Punkte

Es ist nicht ohne Interesse, die bedeutenden Wandlungen zu verfolgen, welche die Tetraëderstrecke bei gegebener Incidenz dadurch erfährt, dafs man die Lage des Punktes L gegen M ändert. Liegt z. B. L links von M, aber

ziemlich nahe dabei, so fallen die Punkte P und Q auf den oberen linken Theil der verlängerten $M_1 M$; die Linien PC_1 und QJ_1 treffen alsdann die Richtung $M_1 R_1$ für eine gewisse Stellung von L, rechts und links von der Linse; es ist ferner leicht L so zu wählen, dafs PC_1 oder QJ_1 parallel mit $M_1 R$ wird; dann fällt P_1 oder Q_1 ins Unendliche. Dagegen wird, wenn L in die Nähe von λ fällt, wie wir schon gesehen haben, die Tetraëderstrecke klein.

Die Verfolgung eines Strahlenbüschels durch einen ganzen optischen Apparat hat nach dem Bisherigen, selbst ohne Berücksichtigung der Farbenzerstreuung, grofse Schwierigkeiten, aber es ist denkbar, dafs wenigstens für Oculare, die gewöhnlich nur aus zwei Sammellinsen bestehen, eine derartige Untersuchung möglich ist. Die Bedingung, um deren Erfüllung es sich hier handeln würde, wäre wohl die: sowohl die Krümmungshalbmesser als den Abstand der Linsen so zu bestimmen, dafs nicht blos die Farbenzerstreuung, sondern auch die resultirenden Tetraëderstrecken für schiefe Strahlenbüschel auf ein Minimum reducirt werden.

e) Der Regenbogen, Fig. 11, 12, 13, Taf. VIII.

Durch Verbindung der Sätze über Reflexion und Brechung an einer Kugel (No. 3 und 5) ist es möglich, ein Büschel parallel eintretender Strahlen auf seinem Wege durch einen Regentropfen bei einer beliebigen Zahl innerer Reflexionen zu verfolgen und die definitive Tetraëderstrecke des austretenden Strahlenbüschels zu bestimmen. Man findet leicht, dafs diese Strecke für keine Incidenz verschwindet, dafs daher das austretende Licht allezeit tetraëdrisch modificirtes oder divergirendes Licht ist. Dagegen zeigt eine nähere Betrachtung der in der mittleren Einfallsebene liegenden Strahlenfächer, dafs es immer eine Incidenz giebt, für welche der austretende Strahlenfächer aus Parallelstrahlen besteht, wie der eintretende. Ein Strahlenbüschel, welcher solche Strahlen enthält, wird von merklich gröfserer Intensität seyn, als solche, deren definitive Tetraëderstrecke endlich ist und in der Nähe des Trop-

fens liegt. Das letzte Q fällt für jene Strahlenbüschel ins Unendliche, und das vorletzte Q hat gegen die Austrittsstelle M_1 dieselbe Lage, wie das erste Q gegen die Eintrittsstelle M. Mit Hülfe des in No. 5 (11) gegebenen Ausdrucks für MQ, nämlich:

$$q = \varphi_1 = r\,\frac{n\cos^2\beta}{n\cos\beta - \cos\alpha}$$

und der Sätze über die durch Reflexion conjugirten Brennpunkte Q (No. 3) ist es dann leicht, für verschiedene Zahl der inneren Reflexionen je eine Incidenz α zu bestimmen, welche wirksame Strahlenbüschel beim Austritt liefert.

Im Falle *einer Reflexion* (Fig. 11 Taf. VIII) fallen die Punkte Q und Q_1 in dem Punkte A des Grofskreises SM zusammen; es ist $\varphi_1 = MA = 2r\cos\beta$, woraus durch Fortschaffung von β folgt

$$(1) \qquad \sin^2\alpha = \frac{4-n^2}{3};$$

da $n = \frac{4}{3}$, so ergiebt sich ein unmöglicher Werth für α. Das Element mm_1 des Eintritts sey kreisförmig begränzt und $\angle\, mOm_1 = 2\varpi$; alsdann liegen alle Strahlen zwischen zwei Ebenen, welche durch die Axe OS gehen und jen- und diesseits der Ebene MOS den Winkel $\frac{\varpi}{\sin\alpha}$ mit derselben machen. Die Länge der zur Ebene MOS senkrechten Brennlinie bei A ist $2r\varpi\,\frac{\sin AOP}{\sin\alpha}$; das Element des Austritts bei M_1 ist eine kleine Ellipse, deren eine Axe gleich $mm_1 = 2r\omega$ ist, während die zum Papier senkrechte Axe die Länge $2r\varpi\,\frac{\sin M_1OP}{\sin\alpha}$ hat, wo $M_1OP > \alpha$ ist für die durch (1) bestimmte Incidenz. Von M bis A ziehen sich daher die Strahlen zusammen zu einer Brennlinie in A, welche senkrecht ist zur mittleren Einfallsebene; auf dem Wege von A nach M_1 kreuzen sich die Strahlen bei P_1 längs einer auf der Axe OS liegenden Brennlinie und endlich in einer ebenfalls auf OS gelegenen Brennlinie bei P_2. Von der krummflächigen Umhüllung des Strahlen-

büschels bei seinem Austritt erhält man eine Vorstellung, wenn man eine bewegliche Gerade verfolgt, welche sich einerseits auf den elliptischen Umfang bei M_1, andrerseits auf zwei Gerade stützt, von denen die eine die Axe OS ist, während die andere durch einen Punkt im Unendlichen auf der Richtung M_1P_2 geht und senkrecht zur mittleren Einfallsebene ist; alle übrigen Strahlen des Büschels stützen sich auf die letztgenannten Geraden und treten innerhalb jener Ellipse aus.

Bei *zwei Reflexionen* in A und B (Fig. 12, Taf. VIII) hat Q_2 gegen M_1 dieselbe Lage, wie Q gegen M; alsdann fällt Q_2 in's Unendliche von M_1R. Sind nun i und i_1 die Schwerpunkte der Liniensysteme MAB und ABM_1, so bestimmen die Linien Qi und Q_2i_1 (nach No. 3), durch ihren Schnitt mit AB, den mit Q und Q_2 für die Reflexionen bei A und B conjugirten einzigen Punkt Q_1. Nun haben aber Qi und Q_2i_1 einerlei Neigung gegen AB; es kann daher Q_1 nur entweder auf der Mitte von AB oder im Unendlichen von AB liegen. Der letztere Fall entspricht allein der Wirklichkeit, denn im ersten Falle müfste Q auf die Mitte von MA fallen können, was nach dem Ausdruck für φ_1 nur für $\alpha = 90^0$ möglich ist. Hiernach ist

$$AQ = \tfrac{1}{4}AM,\ \varphi_1 = \tfrac{3}{4}2r\cos\beta,\ \sin^2\alpha = \frac{9-n^2}{8}.$$

In der diesem Falle entsprechenden Figur 12 hat man alsdann die auf OS liegenden Brennlinien bei P, P_1, P_2, P_3, ferner die zur mittleren Einfallsebene senkrechten Brennlinien bei Q, Q_1, Q_2, Q_3, wo die zweite und vierte im Unendlichen liegen. Man könnte auch leicht die Länge der Brennlinien bei Q_1 und Q_2, sowie die Axen der elliptischen Elemente bei A, B, M_1 bestimmen, wie dies für eine Reflexion durchgeführt worden ist.

Bei *drei Reflexionen* in A, B, C (Fig. 13) hat Q_3 gegen M_1 dieselbe Lage, wie Q gegen M, damit nämlich Q_4 in's Unendliche von M_1R falle. Sind nun i, i_1, i_2 die Schwerpunkte der Liniensysteme MAB, ABC, BCM_1, so müssen zunächst die Linien Qi und Q_3i_2, die erste auf AB den

mit Q conjugirten Q_1, die zweite auf BC den mit Q_2 conjugirten Punkt Q_3 bestimmen; aber die Punkte Q_1 und Q_2, welche offenbar gleich weit von B abstehen, müssen für die Reflexion bei B selber conjugirt seyn, d. h. ihre Standlinie muſs durch i_1 gehen. Hier giebt es nun wieder zwei Möglichkeiten: entweder liegen Q_1 und Q_2, folglich auch Q und Q_3 auf den Mitten der betreffenden Sehnen, oder die Punkte Q_1 und Q_2 fallen in B zusammen, und dieser Fall entspricht allein der Wirklichkeit, indem der erste schon als unzulässig erkannt worden ist. Man hat somit, weil B und Q für die Reflexion bei A conjugirt sind, nach No. 3 (2)

$$\frac{1}{AQ}+\frac{1}{AB}=\frac{1}{\frac{1}{2}AB}, \text{ oder } AQ=\tfrac{1}{3}AB;$$

hieraus folgt weiter:

$$MQ=\varphi_1=\tfrac{2}{3}\cdot 2r\cos\beta, \quad \sin^2\alpha=\frac{16-n^2}{15}.$$

Mit Hülfe der diesem Fall entsprechenden Fig. 13 und der darin angedeuteten Folge der Brennpunkte $P, P_1 \ldots P_4$, $Q \ldots Q_4$ ist es nun leicht, den Strahlenbüschel durch alle seine Wandlungen mit klarer Anschauung zu verfolgen.

Tabelle zu No. 5.

α	β	ν	ϑ	f	f_1	φ	φ_1	ϱ
0°	0° 0′	1,50	0° 0′	2,00	3,00	2,00	3,00	1,00
5	3 20	1,51	0 3	1,99	2,99	1,98	2,98	1,01
10	6 39	1,53	0 19	1,98	2,97	1,92	2,93	1,02
15	9 56	1,56	1 2	1,95	2,93	1,82	2,84	1,04
20	13 11	1,61	2 18	1,92	2,88	1,69	2,73	1,07
25	16 22	1,68	4 8	1,88	2,81	1,54	2,59	1,09
30	19 28	1,78	6 31	1,82	2,74	1,37	2,43	1,11
35	22 29	1,91	9 24	1,76	2,65	1,18	2,26	1,13
40	25 22	2,09	12 40	1,70	2,55	1,00	2,08	1,14
45	28 8	2,33	16 13	1,62	2,44	0,81	1,89	1,14
50	30 43	2,68	19 58	1,55	2,32	0,64	1,70	1,13
55	33 6	3,20	23 47	1,46	2,20	0,48	1,54	1,11
60	35 16	4,00	27 33	1,38	2,07	0,34	1,38	1,08
65	37 10	5,33	31 11	1,29	1,94	0,23	1,23	1,03
70	38 47	7,79	34 31	1,21	1,81	0,14	1,10	0,98
75	40 5	13,11	37 25	1,12	1,69	0,07	0,99	0,93
80	41 2	28,30	39 44	1,04	1,57	0,03	0,90	0,88
85	41 37	110,37	41 15	0,97	1,45	0,01	0,81	0,80
90	41 49	∞	41 49	0,89	1,34	0,00	0,74	0,74

Tübingen, 20. December 1866.

II. *Zur Construction und Leistung der Elektrophor-Maschine (Influenz-Maschine); von A. Töpler.*

Die günstigen Resultate, welche die von W. Holtz und mir (Bd. 125, 126 und 127 dieser Annalen) beschriebenen Elektrophor-Maschinen[1]), selbst in ihren einfachsten Formen liefern, legten den Wunsch nahe, durch beliebig vermehrte Zahl der Erregungsstellen oder deren Gröfse Apparate von sehr gesteigerter Leistung zu construiren. In Folgendem möchte ich einige Gesichtspunkte hervorheben, welche sich aus mehreren in der angedeuteten Richtung unternommenen Versuchen ergeben. Die Bedingungen, unter denen die Elektrophor-Maschine sehr ansehnliche Spannungserscheinungen zeigt, wurden bereits hinreichend erörtert. Zudem läfst sich grofse Funkenlänge bekanntlich auch mit der (gewöhnlichen) Elektrisirmaschine erzielen, wenn ihre Dimensionen entsprechend gewählt werden. Um so mehr dürfte es somit gerechtfertigt seyn, für die Kenntnifs der Elektrophormaschine solche Thatsachen zu sammeln, welche die Frage der möglichen quantitativen Leistung beleuchten. Ein unterbrochener Funkenstrom von 60 bis 80 Millm. Schlagweite, mit oder ohne eingeschalteten Condensator, Büschelentladungen, welche selbst bei hellem Tageslicht sichtbar sind, dürfen, so glaube ich, als Kennzeichen einer für alle wesentlichen physikalischen Versuche ausreichenden Spannung angesehen werden.

Die Zahl der Erregungsstellen läfst sich auf einer einzigen rotirenden Glasscheibe schwerlich über ein gewisses Maafs vergröfsern, wenn die Dimensionen der letzteren

1) Der Benennung »Elektrophormaschine« anstatt »Influenzmaschine« schliefse ich mich nach dem Vorschlage von Prof. Riefs (Monatsber. der Königl. Akad. d. Wiss. zu Berlin. März 1866, S. 128) an, da ersterer Name allerdings der bezeichnendere ist. Im Uebrigen dürfte das Princip des Elektrophors im engsten Sinne nur durch eine ganz bestimmte Anordnung der Apparate repräsentirt seyn. (Siehe unten.)

nicht unbequem werden sollen. Ich habe daher bei den zu beschreibenden Versuchen einer Anordnung den Vorzug gegeben, nach welcher sich viele rotirende Scheiben auf einer Axe in sehr compendiöser Weise vereinigen lassen, ohne dafs dadurch die Handlichkeit des Apparates und die Zugänglichkeit zu den einzelnen Theilen im mindesten gestört wird. Da ferner bei einigen der in Vorschlag gebrachten Apparate die rotirenden Flächentheile in rascher Folge entgegengesetzte Ladung annehmen müssen, während andere Apparate construirt sind, dafs sich das Zeichen der Ladung auf ein und derselben Fläche nicht ändert, so liefs dieser Umstand einen wesentlichen Einfluſs auf den Nutzeffekt von vorne herein vermuthen. Die zu meinen Versuchen benutzten Apparate waren daher so eingerichtet, dafs durch bloſses Umschalten zweier Conductoren beiden Bedingungen genügt werden konnte.

Es waren mir zum Experimentiren zwei Maschinen geboten, von denen jede 16 Erregungsstellen besafs. Beide Apparate unterschieden sich nur durch ihre Dimensionen. Die Beschreibung des kleineren von beiden wird daher genügen, indem ich das Wesentlichste über die Eigenthümlichkeiten der Elektrophormaschine als bekannt voraussetzen darf.

Auf einer Stahlaxe von $2\frac{1}{2}$ Fufs Länge sind 11 kleine, kreisförmige Scheiben (von nur $11\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser) vermittelst centraler Durchbohrungen aufgesteckt. Je zwei benachbarte Scheiben sind auf der Axe durch eine gut abgedrehte Hülse von isolirender Kamm-Masse[1]) getrennt. Von diesen Hülsen ist nur eine einzige und zwar diejenige, welche auf der Mitte der Axe sitzt, an letzterer unwandelbar befestigt. Von beiden Enden her kann also je eine

1) Die in einer hiesigen Fabrik aus Schwefel und Kautschuk ohne anderweitige Beimischungen gefertigte Kamm-Masse erwies sich durchgehends als vortrefflich isolirend, selbst wenn durch fehlerhafte Behandlung bei der Darstellung die Masse für die bequeme mechanische Bearbeitung zu weich oder zu spröde war. Die mangelhafte Isolation mancher käuflicher Sorten rührt von fremdartigen Zusätzen (Gyps, Kreide usw.) her.

Zahl von Scheiben aufgeschoben und durch den Druck zweier Schraubenmütter eingespannt werden. Bei der Kleinheit der Scheiben gelingt es auf diese Weise leicht, dieselben herauszunehmen oder wieder senkrecht zur Axe zu justiren. Die Scheiben haben nicht alle gleichen Abstand. In der Nähe des einen Axenendes stehen 8 unbelegte Scheiben ziemlich dicht gedrängt. Sie repräsentiren zusammen 16 Erregungsstellen und liefern den Hauptstrom. In einiger Entfernung und zwar in der Nähe des andern Axenendes rotirt ein System von zwei theilweise belegten Scheiben, welches als selbstthätig wirkendes Organ des Apparates die Ladung jener acht Scheiben ermöglicht. Es war die Anbringung dieses Hülfsapparates auf ein und derselben Axe unumgänglich nöthig, da die Elektrisirung durch einfachere Hülfsmittel bei 16 Erregungsstellen selbst dann höchst unsicher wird, wenn man dieselben so combinirt, dafs sie die anfängliche Ladung selbstthätig ergänzen.

Das letzt erwähnte, metallisch belegte Scheibenpaar bildet mit zwei ruhenden Scheiben und den entsprechenden Conductoren ein System, welches nach dem Princip des schon im Bande 125 (S. 470 bis 482) und Band 127 (S. 180 bis 185) beschriebenen und in letzterer Abhandlung als »Generator« bezeichneten Scheibenpaares arbeitet. Durch eine einfache Abänderung hat dasselbe jedoch eine gröfsere Schlagweite und eine solche Empfindlichkeit angenommen, dafs es sich bei der Rotation ohne äufsere Elektrisirung ganz zuverlässig von selbst ladet. Vergröfserte Schlagweite erhält man, wenn man, anstatt halbkreisförmiger Belege auf jeder Scheibe, metallische Quadranten mit recht breiten, isolirenden Unterbrechungsstellen anbringt. Der Apparat erhält gröfsere Empfindlichkeit und die auffallende Fähigkeit, sich unfehlbar von selbst zu laden, wenn man die Contactfedern nicht direct auf den Scheiben und ihren Belegen schleifen läfst. Vernachlässigt man diese Vorsichtsmaafsregel, so stellt sich mit der Zeit durch das lebhafte Funkenspiel auf den Unterbrechungsstellen eine leitende Verbindung durch mechanisch mit

fortgerissene. Metalltheilchen her, wodurch der Apparat, wenn auch anfangs selbstladend, mit der Zeit unempfindlich wird. Die rotirenden Metallbelege haben daher an den Stellen, welche unter den Contactfedern vorbeigleiten sollen, leitende Erhabenheiten, während die isolirenden Zwischenräume mit den Contactfedern gar nicht in Berührung kommen. Alle mit solcher Contactvorrichtung versehenen Scheibenpaare erwiesen sich nicht allein beim ersten Gebrauch sofort als selbst ladend, sondern auch bei mehrmonatlicher, häufiger Beanspruchung büfsten alle diese Fähigkeit nicht ein. Der Grund dieser Selbstladung mufs wohl in den minimen Differenzen des elektrischen Zustandes gesucht werden, den isolirten Leiter wahrscheinlich stets besitzen. Dies erhellt aus dem Umstande, dafs, wenn alle Belegungen aus demselben Metalle bestehen, man das Zeichen der Ladung beim ersten Gebrauch des Apparates nie vorher sagen kann. Auch wenn der Apparat sehr lange aufser Thätigkeit war, so stellt sich beim Beginn der Rotation die positive Ladung manchmal auf der andern ruhenden Scheibe her.

Im Uebrigen wechselt, wie ich dies schon mehrmals hervorgehoben habe, der Apparat seine Polarität, so lange die Rotation andauert, niemals, selbst wenn er zufällig auf einige Minuten einseitig entladen, oder wenn eine Leitung an irgend einer Stelle für längere Zeit unterbrochen werden sollte. Diesen Vorzug zeigt die in Rede stehende Scheibencombination stets, mag sie nun für belegte oder unbelegte Scheiben construirt seyn. Die Erscheinung des freiwilligen Polwechsels beim Oeffnen des Ladungsstromes ist durchaus nur an diejenigen Combinationen geknüpft, bei denen *ein und dieselbe* rotirende Fläche während der Dauer einer Umdrehung abwechselnd entgegengesetzte Ladung annehmen mufs, wie sich dies auch theoretisch einfach begründen läfst[1]).

1) Am auffallendsten zeigt sich die Erscheinung des freiwilligen Polwechsels, wenn man mit einer einzigen rotirenden, metallisch belegten Scheibe, welcher auf entgegengesetzten Seiten ruhende Metallflächen gegenüber-

Es bedeutet Fig. 3 Taf. IX das Schema des selbstwirkenden Scheibenpaares. Die schraffirten Theile stellen die Durchschnitte von Glasscheiben dar, während die stark markirten Linien metallisch bedeckte Flächen andeuten. *A* und *B* sind ruhende Glasscheiben mit ihren Belegen. In unmittelbarer Nähe bewege sich einerseits die Scheibe *mn*, andererseits *m'n'*; (die Bewegungsrichtung in der Nähe der ruhenden Scheiben ist durch Pfeile angezeigt.) Bei *bcb'c'* schleifen Contactfedern, welche in der durch punktirte Linien angedeuteten Weise leitend verbunden sind. Denkt man sich nun bei *A* eine minime (etwa positive) Ladung, so wird die Influenz-El. zweiter Art von *b* vermittelst der Contactvorrichtung nach *b'* getrieben, während die Influenz-El. erster Art bei der Rotation nach *c* gelangt. Von hier aus wird also die ruhende Scheibe *B* negativ geladen, welche Ladung von Seiten der nach *b'* gelangten + El. unterstützt wird. Bei *B* wiederholt sich (mit umgekehrtem Zeichen) derselbe Hergang, und so verstärken sich in der bekannten Wechselwirkung *A* und *B*. In der Leitung *bb'* fliefsen die Influenzelektricitäten zweiter Art entgegengesetzt. — Wird nun diese Leitung eine Zeitlang unterbrochen, so dafs beide Contactfedern isolirt sind, so ändert sich dadurch weiter Nichts, als dafs bei *b* und *b'* keine Ladung mehr möglich, also auch keine Influenz-El. erster Art nach *A* und *B* befördert wird. Die Ladung auf *A* und *B* wird also nach Maafsgabe der unvermeidlichen Verluste allmählich sinken, wenn die Rotation fortdauert. Die letzten Reste verweilen daselbst, aber äufserst hartnäckig. Nur wenn man absichtlich und zwar recht lange Zeit (manchmal reicht eine halbe Stunde nicht aus) alle Con-

stehen, eine der Holtz'schen Maschine analoge Combination herzustellen versucht. Es ist dies ganz gut möglich, wenn auf der rotirenden Scheibe vier oder mehr Unterbrechungsstellen angebracht werden. Ein solcher Apparat ist äufserst empfindlich selbstladend, wechselt jedoch bei der Unterbrechung des combinirten Stromes seine Polarität so schnell, dafs sich auf den ruhenden Metallflächen das Zeichen der Ladung pro Sekunde mehrmals umkehrt und ein Laden von gröfseren Flaschen durch den combinirten Strom ganz unmöglich wird.

tactfedern gleichzeitig zur Erde abgeleitet hat, so bemerkt man später bei Wiederherstellung der ursprünglichen Verbindung, dafs der Apparat mit entgegengesetzter Ladung zu arbeiten anfängt. *A* ist dann negativ, *B* positiv. Dieser *erzwungene* Polwechsel der Combination rührt von den inneren, unbelegten Flächentheilen her, welche einander einerseits zwischen *A* und *b*, andererseits zwischen *B* und *b'* gegenüberstehen. Es findet dort nämlich, wie Lichterscheinungen im Dunkeln zeigen, ebenfalls ein schwacher Austausch durch Influenz statt. Ist nämlich die Metallfläche auf *A* positiv geladen, so wird die nach *b* gerichtete Seite der Glastafel schwach negativ, die nach *A* gerichtete Seite von *mn* jedoch positiv elektrisch. Entladet man nun die Metallbelegungen vollständig, so wird, da während der Rotation ohne Zweifel alle Verluste auf *mn* gröfser sind, die negative Ladung auf der unbelegten Seite von *A* zur Geltung kommen und das entgegengesetzte Spiel des Apparates nach einiger Zeit veranlassen.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn auf einer einzigen Scheibe, wie in Fig. 4 Taf. IX, der ganze Procefs stattfindet. Hier bewegt sich eine einzige Scheibe *mn* vor den passend gestellten, ruhenden Tafeln *A* und *B*. Sind die Conductoren bei *b* und *d* leitend verbunden, so wird eine kleine Ladung auf *A* auch hier den Erfolg haben, dafs sich *B* durch die Conctatfeder *c* mit der Influenz-El. erster Art entgegengesetzt ladet. Der Ueberschufs der letzteren wird bei *d* abgegeben, um wieder nach *b* zu fliefsen, entgegengesetzt der bei *b* abgestofsenen Influenz-El. zweiter Art. Dasselbe gilt, abgesehen vom Vorzeichen, für den Metallsector *d*, wenn derselbe bei der Rotation in die Lagen *a* und *b* kommt. Hier bewegen sich in der Leitung zwischen *b* und *d* also beide Influenz-El. Wird dieser Strom jedoch unterbrochen, so tritt sehr schnell ein Polwechsel bei *A* und *B* ein. Es kann alsdann nämlich ganz einfach jeder Metallsector auf *mn*, welcher von *d* aus bei der Umdrehung mit positiver Ladung vor *A* anlangt, hier seine Ladung nicht abgeben, sondern kommt noch positiv

nach *c*, wird also die Ladung auf *B* schwächen. Ganz dasselbe gilt für *A*; überhaupt ist leicht einzusehen, dafs sich *A* und *B* sehr rasch gegenseitig entladen müssen. Die secundäre Erregung der inneren Glasfläche kommt also hier ganz sicher zur Wirkung, sobald die Leitung unterbrochen wird.

Die Handhabung des selbstladenden Scheibenpaares ist nun genau dieselbe, wie sie Band 127 Seite 182 für den »Generator« beschrieben wurde. Die eine der ruhenden Metallflächen wird zur Erde abgeleitet; alsdann giebt der Conductor der zweiten ziemlich bedeutende Spannungserscheinungen und kann zur Elektrisirung des gröfseren Systems von acht Scheiben benutzt werden. Den gleichen Zweck würde ohne Zweifel, anstatt des obigen Scheibenpaares, eine nach Angabe von Hrn. Holtz mit »überzähligem Conductor« arbeitende, unbelegte Scheibe erfüllen, wenn man dabei nicht die Bequemlichkeit der Selbstladung einbüfste.

Was nun die Einrichtung des zu Anfang erwähnten Systems von acht Scheiben betrifft, so möchte dieselbe aus einer in Fig. 1 Taf. IX gegebenen Skizze leicht verständlich seyn. *S* bedeutet eine der acht unbelegten, auf der Axe *a* in der Richtung des Pfeiles rotirenden Scheiben. Um diese sind nun die übrigen Theile so angebracht, dafs sie einzeln oder gruppenweise aufser Wirksamkeit gesetzt werden können. Zunächst sind dicht hinter *S* beiderseits die ruhenden Scheiben *n* und *n'* aufgestellt, welche auf der von *S* abgewandten (also in der Figur hinteren) Seite die bekannten Papierbelege *b b'* tragen. Es wird genügen, für die linke Seite des Apparates die Befestigungsweise der Scheibe *n* und der zugehörigen Theile anzudeuten, da für *n'* genau dasselbe gilt. — Die Scheibe *n* ist zwischen drei Stäben *h*, *i*, *k* von Kamm-Masse befestigt. Diese Stäbe stehen parallel zur Rotationsaxe und stützen sich mit ihren Enden auf vier Glassäulen, von denen in der Figur nur die beiden hinteren *g g* sichtbar sind. Dieselben Kamm-Masse-Stäbe *h*, *i* und *k* tragen aufserdem noch sieben mit *n*

gleichbeschaffene Scheiben, welche zu den übrigen rotirenden Scheiben gehören. Der Parallelismus zwischen *n* und S wird dadurch bewirkt, dafs die Stäbe *h*, *i*, *k* auf der ganzen Länge ein Schraubengewinde besitzen, auf welchem scheibenförmige Mütter von demselben Material laufen. Zwischen letzteren kann *n* beliebig nahe an *S* herangeschraubt und festgeklemmt werden. — In Fig. 1, Taf. IX, bedeuten ferner die Buchstaben *l* und *s* die Querschnitte zweier Metallcylinder, welche ebenfalls zur Axe parallel stehen und von denselben Glasständern *g g* getragen werden. Auf dem Cylinder *l* schiebt sich mittelst Hülse und Klemmschraube ein Messingarm *lb*, welcher auf der vordern Seite von *S* eine feine Spitzenreihe trägt, gerade der Belegung *b* gegenüber. In ähnlicher Weise ist auf *s* ein Metallarm *sb* beweglich, welcher hinter der Scheibe *n* mit einer Kugel der Papierbelegung bis zur Berührung genähert werden kann. Ohne Erläuterung ist ersichtlich, dafs beide Arme *lb* und *sb* durch Drehung um *l* und *s* aus dem Apparate herausgeschlagen werden können, wodurch die Belegung *b* aufser Function tritt.

Was nun auf der einen Seite von *S* für die Scheibe *n* gesagt wurde, das gilt auf der andern für die Scheibe *n'* und die zugehörigen Theile. Auf die isolirenden Stäbe *k* und *k'* stützt sich mittelst gläserner Querstangen der Conductor *c*, welcher einen geraden, dünnen Messingarm *d*, ebenfalls durch Hülse und Klemmschraube verschiebbar und drehbar, dicht vor die Vorderseite *S* streckt. Analoges gilt für den unteren Conductor *c'*. Beide Conductoren ruhen mit ihren gläsernen Armen nur lose auf Einschnitten der isolirenden Stäbe *kk'* und *kk'*, weshalb sie leicht zu entfernen sind. Desgleichen kann man die Arme *d* und *d'* bequem von den Conductoren ablösen.

Man erkennt nun sofort, dafs die metallischen Theile *l*, *s* und *c* das Zubehör einer Erregungsstelle bilden. Wird *b* über *s* hinreichend elektrisirt, so empfängt bei der Rotation der Scheibe *S* der Arm *bl* die Influenz-Elektricität der zweiten Art, und wenn diese zur Erde abgeleitet

wird, c fortwährend die Influenz-El. erster Art. Dasselbe gilt von s', l' und c'.

Bei den übrigen rotirenden Scheiben wiederholen sich nun genau dieselben Theile, welche in Fig. 1, Taf. IX, für S verzeichnet wurden. Die mit der Axe parallelen Stäbe h, l, i, z, k, c, k' usw. sind jedoch bei allen 8 Scheiben gemeinsam benutzt, so dafs beispielsweise s alle die verstellbaren Arme trägt, welche zu den Papierbelegen führen usw. Jede besitzt somit zwei Erregungsstellen. Es ist jedoch nöthig, dafs je zwei aufeinander folgende Scheiben sich die analogen Theile des Erregungsapparates zuwenden. Fig. 2 deutet im Horizontalschnitt die gegenseitige Lage von acht Erreguugsstellen an. SS usw. sind auch hier die rotirenden, n, n usw. und $n'n'$ die ruhenden Scheiben mit den Belegen b und b'. Die von den Conductoren s und s' ausgehenden Arme laden also gleichzeitig je zwei benachbarte Belege; desgleichen sind die Arme l und l' beiderseits mit Spitzen versehen, so dafs stets zwei benachbarte rotirende Flächen von ihnen versorgt werden. Nur durch diese Anordnung ist es möglich, den rotirenden Scheiben so kleine Abstände zu geben, dafs das ganze System in der That sehr compact wird. [1])

Die beschriebene Anordnung ist deshalb so bequem, weil sie sich sehr schnell und einfach auseinander nehmen und wieder zusammenstellen läfst. Da die Glassäulen gg, Figur 1, alle Scheiben n nebst Zubehör tragen, so sind diese Glassäulen auf einem besonderen Brette y befestigt, welches durch eine Schraube x an die Hauptfufsplatte FF der Maschine befestigt werden kann. Man erkennt, dafs nach Aushebung der Conductoren c und c' und Lüftung

1) Die Apparate, welche von den Mechanikern Weegmann und Wesselhöft in Riga nach obiger Angabe gebaut wurden, haben bewiesen, dafs man, wenn die Gesammtschlagweite des Apparates nicht über 30 bis 40 Millm. verlangt wird, den Abstand je zweier rotirender Scheiben bis auf $\frac{3}{4}$ Zoll verkleinern kann, ohne dafs sich eine Abnahme der quantitativen Leistung fühlbar macht. Für 70 bis 95 Millm. Schlagweite des Apparates genügt bei etwas gröfseren Scheiben ein Abstand von $1\frac{1}{2}$ Zoll vollkommen.

der Schrauben x und x' alle ruhenden Scheiben nebst zugehörigen Theilen mittelst der Füfse y und y' seitlich aus der Maschine hervorgezogen werden können. Ist dies geschehen, so liegt die Axe mit den Scheiben S frei und kann aus den Lagern entfernt werden. Ferner sind jetzt die ruhenden Scheiben n von derjenigen Seite, welche im Apparate der Axe zugewendet war, zugänglich und können ohne Mühe einzeln herausgenommen werden. Da die Bretter y und y' in ähnlicher Weise gleichzeitig die ruhenden Scheiben des metallisch belegten Generators am anderen Axenende tragen, so ist es erklärlich, warum das gelegentlich erforderliche Auseinandernehmen und Wiederaufstellen der Maschine behufs der Reinigung in sehr kurzer Zeit bewerkstelligt werden kann. Endlich sey noch erwähnt, dafs zwischen dem metallisch belegten Scheibenpaar und den acht unbelegten Scheiben, um erstere vor den schwer zu vermeidenden, gelegentlichen Büschelentladungen von Seiten der stärker geladenen Conductoren zu schützen, eine elfte Glasscheibe als Scheidewand zwischen beiden Systemen eingeschaltet ist.

Die Länge der Papierbelege betrug bei der kleineren Maschine $2\frac{1}{2}$, bei der gröfseren 3 Zoll, der Scheibendurchmesser $11\frac{1}{2}$, resp. $14\frac{1}{2}$, die Gesammt-Axenlänge 30 resp. 40 Zoll. Man ersieht aus diesen Dimensionen, dafs selbst der gröfsere Apparat noch nicht den Raum einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine mit 30 Zoll Scheibendurchmesser einnimmt.

Was nun die Combinationen betrifft, welche beim Gebrauch der Maschine nach obiger Construction unter den 16 Erregungsstellen möglich sind, so dürften dieselben aus Betrachtung von Fig. 1 Taf. IX unschwer zu ersehen seyn. (In der Zeichnung sind die zur Herstellung dieser verschiedenen Combinationen nöthigen Leitungen weggelassen.)

I. Verbindet man, indem alle 16 Elemente mit ihren zugehörigen Theilen versehen sind, die Conductoren z und z untereinander und aufserdem mit dem freien Pol des metallbelegten Scheibenpaares, (für welches ich der Einfach-

heit halber den Namen »Generator« beibehalten will,) so laden sich alle Papierbelege gleichnamig. Leitet man alsdann die Conductoren *l* und *l'* zur Erde (etwa zur Gasleitung des Hauses) ab, und verbindet man aufserdem *c* mit *c'*, so wirken alle 16 Erregungsstellen zusammen in gleichem Sinne. Die vereinigten Conductoren *cc'* geben alsdann die gesammte Influenz-El. der ersten Art, und durch Verbindung mit *ll'* entsteht ein kräftiger Strom.

II. Man kann die Papierbelege paarweise ausschalten, und zwar durch passende Verstellung der um *l*, *s*, *s'*, *l'* drehbaren Arme. Acht Erregungsstellen stellt man am besten her, indem man die obige Verbindung zwischen *ss'* aufhebt und nur *s* mit dem Generator verbindet. Es wirken dann nur die Belege der linken Seite. Man wird durch die gebotenen Mittel überhaupt alle graden Zahlen zwischen 2 und 16 successive herstellen können. Da die Thätigkeit einer jeden Erregungsstelle eine schon früher einmal besprochene Verlustquelle für die Ladung ihrer ruhenden Belegung ist, so wird im Allgemeinen mit steigender Zahl der durch den Generator geladenen Belege die Spannung sowohl auf ihnen selbst, als auf den Conductoren *cc'* abnehmen müssen.

III. Hat man die Maschine in der unter No. I bezeichneten Weise mit 16 Erregungsstellen einige Zeit arbeiten lassen, so dringt die Ladung der Papierbelege *bb'* Fig. 1 Taf. IX allmählich in die Glasscheiben *nn'* bis zu einer gewissen Tiefe ein. Schaltet man daher, nachdem sich der Apparat geladen hat, den Generator aus und verbindet die Conductoren *ss'* dauernd mit *ll'*, so werden die Belege zwar entladen, allein die Conductoren *cc'* geben noch lange Zeit Elektricität von abnehmender Quantität und Schlagweite. In dieser Combination ist der Apparat im engsten Sinne eine Elektrophormaschine. Die Belege repräsentiren den zur Erde abgeleiteten Teller, die Glasscheiben *nn'* den Harzkuchen und die rotirenden Scheiben den Deckel des Elektrophors.

IV. Schliefslich kann man das System der 16 Erre-

gungsstellen so combiniren, dafs dasselbe keiner dauernden, sondern einer einmaligen Elektrisirung von Seiten des Generators bedarf, um dann selbstthätig seine Ladung zu ergänzen. Stellt man dauernde Verbindungen zwischen c und z', ferner zwischen c' und z Fig. 1 Taf. IX her, so wird bei einmaliger etwa positiver Ladung von b über z der Apparat analog der Holtz'schen Maschine arbeiten.

Es mufs sich b' von c aus entgegengesetzt laden und man wird in einer metallischen Schliefsung zwischen l und l' den combinirten Strom erhalten, welcher sich aus den in entgegengesetzter Richtung fliefsenden Influenz-Elektricitäten beider Arten herstellt. In diesem Falle wird also die Scheibe S auf der oberen Hälfte ihres Weges von b nach b' negativ, auf der unteren von b' nach b zurückkehrend positiv geladen seyn. Es versteht sich von selbst, dafs man in dieser Weise ebenfalls 4, 8, 12 oder 16 Erregungsstellen combiniren kann.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Leistung der beiden an Gröfse verschiedenen Maschinen in den wichtigsten Combinationen. Um die Zahlen mit früheren Angaben vergleichbar zu machen, ist die leydener Flasche als Maafs für die Quantität beibehalten worden. Eine Batterie ziemlich dünnglasiger Flaschen, von etwas mehr als 5 Quadratfufs *äufserer* Belegung, bildete die Maafsflasche, da einzelne Flaschen bei kleinerer Schlagweite unzählbar rasch geladen wurden. Die Entladungszahlen beziehen sich auf 3''' Schlagweite und 9 Rotationen pro Secunde, welche Drehungsgeschwindigkeit sich bei den Combinationen 1, 2 und 3 ohne Schwierigkeit, mittelst Schnurlauf erzielen liefs. Die 4. Columne mit der Bezeichnung »Schlagweite« bezeichnet die Entfernung, bis auf welche zwei 22 Millm. dicke Kugeln des Entladers entfernt werden konnten, ohne dafs der Funkenstrom (ohne eingeschaltete Flasche) unregelmäfsig wurde. Die Bezifferung der Combinationen ist dieselbe, wie oben.

A. Größerer Apparat.

Art der Combination	Zahl der Erregungs-stellen	Zahl der Batterie-Entladungen pro Minute	Maximal-Schlagweite in Millm.
I.	16	177	54
II.	12	147	67
II.	8	110	78
II.	6	96	73
II.	4	75	68
II.	2	37	57
III. nach 5 Minuten Ruhe	16	22	28
III. nach 30 Minuten Ruhe	16	13	15
IV.	16	132	50

B. Kleinerer Apparat.

I.	16	108	33
IV.	16	65	29

Die schon früher einmal erwähnte Fessel'sche Elektrisirmaschine mit 30zölliger Scheibe lud dieselbe Batterie höchstens 3mal pro Minute.

Ich habe es für überflüssig gehalten, bei Combination IV die Werthe der Leistung für die kleineren möglichen Anzahlen von Erregungsstellen mitzutheilen. Es liegt die Thatsache zu nahe, dafs für diese Fälle die Quantität fast genau der Zahl der Erregungsstellen proportional ist, während die Schlagweite sich nicht wesentlich ändert. Was die Schlagweite betrifft, so verdienen einige, von den Erscheinungen bei der gewöhnlichen Elektrisirmaschine zum Theil abweichende Thatsachen eine Erwähnung, welche bei den Combinationen No. I und II beobachtet wurden.

Benutzt man an Stelle der Entladerkugel von 22 Millm. solche von kleinerem (etwa 12 Millm.) Durchmesser, so wird dadurch bei 16 Erregungsstellen die Schlagweite vergrösert (bei der grofsen Maschine bis 90 Millm.). Bei *kleiner* Zahl von Erregungsstellen tritt das Gegentheil ein, indem sich alsdann die Kugeln wie Spitzen verhalten und

Büschelentladungen liefern, bevor das Maximum der Schlagweite erreicht ist.

Die Combinationen unter No. I und II geben bei Einschaltung gut isolirender (also breitrandiger) Flaschen, stets eine *gröfsere* Schlagweite, als der bloſse Funkenstrom der Conductoren. Mit 16 Erregungsstellen gab Combination I unter diesen Umständen sogar bis 98 Millm. lange Flaschenfunken. Bei der gewöhnlichen Elektrisirmaschine, welche die durch Einschaltung von Flaschen unvermeidlichen Verlustquellen nicht zu decken vermag, wird bei der Flaschenladung bekanntlich nie die Schlagweite des bloſsen Funkens vom Conductor erreicht. Die Erklärung dürfte meines Erachtens in Folgendem begründet seyn: Entfernt man die Ausladerkugeln bis zur Gränze der regelmäſsigen Funkenentladung, so bemerkt man, wie von nun an stark verästelte, der Büschelentladung ähnliche Funken den zeitweiligen Uebergang vermitteln, wenn die Kugeln noch weit über jene Gränze entfernt werden. Indem jeder auch noch so schwache fadenförmige Funken eine optisch nachweisbare, besser leitende Bahn[1]) hinterläſst, so wird sich durch diese eine gröfsere Menge Elektricität in Form eines glänzenden Funkens ausgleichen können, wenn dieselbe nur vorhanden ist, sey sie nun in einer Flasche oder auf einer groſsen Zahl von Erregungsstellen angesammelt. Arbeitet jedoch die Maschine mit bloſsem Conductor oder gar mit wenigen Erregungsstellen, so überdauert die Entladung ihre allerersten Stadien nicht, weil die sofort verminderte Dichte auf der Entladerkugel keinen Ersatz findet.

Im Zusammenhange hiermit erklärt sich auch wohl eine scheinbare Anomalie in der Tabelle. Wenn bei Combination II die Zahl der Erregungsstellen allmählich zunimmt, so nimmt die Spannung auf allen Belegen *bb'* Fig. 1 Taf. IX natürlich stetig ab, weil der »Generator« immer gröfsere Flächen gegen Verluste zu decken hat. Demgemäſs steigt

1) Ueber die optische Untersuchung der Funkenbahn werde ich demnächst eine Reihe von Mittheilungen durch diese Annalen veröffentlichen.

die Entladungszahl bei dieser Combination durchaus nicht den eingeschalteten Erregungsstellen proportional. Man sollte für die Schlagweite nun eine stetige Abnahme vermuthen, obgleich die Tabelle ein Maximum für 8 Erregungsstellen nachweist. Obige Anschauung dürfte zur Erklärung genügen. Bei Combination IV waren analoge Verhältnisse nicht zu constatiren, weil schon bei 45 Millm. ohne Flasche und bei 30 Millm. mit Flasche die bekannte Gefahr des Umladens eintrat. — Die Tabelle beweist in practischer Richtung, dafs ein einziger metallisch belegter Generator obiger Construction hinreicht, um 16 Erregungsstellen noch mit Erfolg gleichnamig zu laden. Man übersieht jedoch aus der Zahlenreihe, dafs bei gröfserer Scheibenzahl bald eine Gränze eintreten müfste, über die hinaus die quantitative Leistung wieder abnehmen würde. Das auffälligste Resultat war mir jedoch die grofse Differenz zwischen den Entladungszahlen für Anordnung I und IV zu Ungunsten der Letzteren. Sie spricht sich bei beiden Maschinen in gleichem Sinne aus. Es mufste dieſs um so mehr überraschen, als bei Combination No. IV, bei welcher durch das Spiel des Apparates die Ladung auf den Belegen *bb* Fig. 1 Taf. IX selbstthätig ergänzt wird, die Spannung und somit die vertheilende Wirkung auf denselben Belegen unverhältnifsmäfsig höher steigt, als dieſs durch gleichnamige Elektrisirung mittelst des Generators möglich ist. Bei Combination IV und 16 Erregungsstellen liefsen sich aus den Conductoren *z* und *z'* fast dreimal so lange Funken ziehen, als bei Combination No. I. Hiermit in Uebereinstimmung ist das prasselnde Geräusch der Spitzenvorrichtungen viel stärker bei Combination IV, desgleichen wächst der eigenthümliche Widerstand, welchen der in Thätigkeit befindliche Apparat der Rotation stets entgegenstellt, in letzterem Fall so auffallend, dafs die dauernde Erhaltung der oben vorausgesetzten Geschwindigkeit unbequem wird. Von theoretischer Seite sollte man also mindestens den gleichen quantitativen Effect vermuthen, wenn nicht eine der Combination IV eigenthümliche Verlustquelle vorhanden wäre.

Eine einfache Betrachtung lehrt nämlich, dafs in Fall No. I die gegenüber *b* und *b'* auf der Scheibe *S* angehäuften Influenz-Elektricitäten erster Art auf *cc'* gelangen und dann mit den Influenzelektricitäten der zweiten Art von *ll'* den Strom im Schliefsungsbogen herstellen. Bei Fall IV summirt sich, von Verlusten abgesehen, die bei *b* auf *S* angehäufte Influenz-El. erster Art später bei *b'* mit der dort abgestofsenen Influenz-El. zweiter Art auf *b'l'* da beide gleiches Vorzeichen haben; sie bilden mit der auf analoge Weise auf dem Conductor *lb* angehäuften Summe den Strom zwischen *l* und *l'*. Wird also in beiden Fällen auf den Papierbelegen auch nur gleiche Dichte vorausgesetzt, (abgesehen von dem Vorzeichen) so müfste in der That der Strom quantitativ in beiden Fällen gleich seyn.

Nach Obigem mufs also für Combination IV eine sehr, energisch wirkende Art von Verlusten vorausgesetzt werden. Die Conductoren *cc'* haben bei dieser Combination nur die Function, die sonst unangefochtene Ladung auf *b b* auf constanter Höhe zu erhalten. Hierzu verbrauchen sie aber augenscheinlich sehr wenig Elektricität, denn, ist einmal das entgegengesetzte Ladungsmaximum auf *b* und *b'* erreicht, so sieht man im Dunkeln alle Lichterscheinungen an *d* und *d'* aufhören; dieselben erscheinen nur vorübergehend, sobald man die Ladung auf *b* oder *b'* durch Funkenziehen schwächt.

Da nun alle übrigen Bedingungen bei beiden Combinationen gleich sind, so glaube ich die Differenz in der quantitativen Leistung nur dem Umstande zuschreiben zu dürfen, dafs der rotirende Isolator in dem einen Falle rasch entgegengesetzte Ladung annehmen mufs. In der That, wenn man berechtigt ist, bei sogenannten Isolatoren ein Eindringen der Ladung in tiefer liegende Schichten anzunehmen, so ist die Erklärung einfach. Eine oberflächliche Ladung der Scheibe *S* bei *b* wird Zeit haben, bevor sie die Scheibe *n* verläfst, in *S* einzudringen. Bei *b'* wird diese Ladung also nur theilweise entfernt und oberflächlich durch die entgegengesetzte ersetzt. Auf dem weiteren

Verlauf der Rotation kann somit ein langsamer Austausch stattfinden, und da sich derselbe Hergang hinter jeder Erregungsstelle wiederholt, so ist eine bedeutende Verringerung des Nutz-Effectes im Schliefsungsbogen recht gut denkbar, trotz der hohen Ladung von *b* und *b'* und der energischen Thätigkeit an den Spitzen. — Bei solchen Maschinen also, bei welchen der durch die Elektrisirung hervorgerufene Bewegungswiderstand schon anfängt, eine Rolle neben der unvermeidlichen Axenreibung usw. zu spielen, ist es vortheilhafter, den rotirenden Isolator nur in einem Sinne zu laden. Die Combination No. I empfiehlt sich auch durch ihre übrigen Eigenthümlichkeiten. [1])

In Bezug auf die übrigen Eigenschaften des Stromes, den die gröfsere Maschine mit 16 Erregungsstellen liefert, bemerke ich zum Schlufs, dafs dieselben natürlich dem gesteigerten quantitativen Vermögen entsprechen. So ist z. B. die Wasserzersetzung noch sichtbar, wenn man als Elektroden Drähte von 1 Mlm. Dicke, bis an die Enden in Glas eingeschmolzen, anwendet. Auffallend sind einzelne Erscheinungen bei den Büschelentladungen zwischen sehr feinen Spitzen. Dieselben bilden einen bei Tage sehr gut sichtbaren tief violettblauen Streifen, der die um 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander entfernten Elektroden verbindet. Dieser Streifen läfst sich wie die Aureole des Inductionsfunkens zur Seite blasen. Stellt man die Axen der beiden Spitzen nicht in eine grade Linie, sondern etwa wie in Figur 5, und denkt man sich die eine Elektrode *b* mi

1) Namentlich ist es die Sicherheit, mit welcher einestheils die Selbstladung des Apparats gelingt, und anderentheils die Stromrichtung geändert werden kann, welche den Apparat neben der Bequemlichkeit der schnellen Reinigung empfehlen dürfte. In gefüllten Hörsälen habe ich keine Abnahme der Wirkung bemerkt. Der schwarze, dem Lampenrufse nicht unähnliche Ueberzug bildet sich bei längerem Gebrauch ebenso auf geharzten, als ungeharzten Glasscheiben, ist also wohl einer Wirkung des Ozons auf den Luftstaub und nicht auf das Harz zuzuschreiben. Er setzt sich am stärksten gerade den Spitzen gegenüber ab, an welchen sich die lebhafteste Luftströmung nachweisen läfst und enthält stets einen in Aether löslichen, braun gefärbten Bestandtheil.

der Erde leitend verbunden, so wählt das blaue Band nicht den kürzesten Weg zwischen den Spitzen. Dasselbe bleibt an der Spitze *a* haften, während es zur Elektrode *b* auf einem Umwege gelangt. Bei günstiger Stellung, namentlich wenn *a* positiv geladen ist, kann man es sogar dahin bringen, dafs der Strom dicht bei der Spitze *b* vorbei auf die entfernte Kugel *k* geht. Der Grund dieser Erscheinungen liegt in der Dichtigkeitsveränderung der Luft im Innern des Büschels. Optisch läfst sich leicht nachweisen, dafs in der Axe des Büschels, welcher von einem heftigen Luftstrome begleitet ist, eine sehr merkliche Veränderung stattfindet, aus welcher sich die scheinbar abnorme Form der Entladung erklärt.

Es gehört hierher auch die eigenthümliche, fächerartige Gestalt, welche der Funkenstrom der Maschine unter gewissen Umständen annimmt. Herr Holtz erwähnt dieser Erscheinung bereits Bd. 126, Seite 168. Man erhält diese Form ganz sicher, wenn man von den beiden horizontalen Stäben, welche die messingenen Entladerkugeln tragen, den einen aus trockenem Holze herstellt. Die Funkenzahl mufs hierbei auf Kosten der Helligkeit wachsen. Es erhebt sich von der kürzesten Entfernung der beiden Kugeln ein blaurothes, gestreiftes Licht, genau in vertikaler Ebene liegend. Hier ist es offenbar die aufsteigende, erwärmte Luft, welche, durch die Funkenentladungen gebildet, jene Ebene leitend macht. Man kann daher durch heftiges Anblasen der Lichtscheibe auch eine horizontale Lage ertheilen. Ueber eine optische Untersuchung dieser und anderer Phänomen bleibt das Nähere einer späteren Mittheilung vorbehalten.

Bestimmung der Zusammensetzu
behaftet sind, und es gelang mi
aufzufinden, durch die es eine
mente organischer Verbindunge
stoffs direct zu bestimmen, und
eine schnellere Ausführung bei
lassen.

Es sind dies im Wesentliche
nen die eine zur Bestimmung v
stoff, die andere zur Bestimmun
Brom, Jod, Schwefel und Sticks

I. Methode zur Bestimm
und des Wass

Die zu beschreibende Metho
stimmung des Sauerstoffs und W
Verbindungen beruht darauf, daß
der Rothgluth in der Weise z
Sauerstoff sich mit dem in ihne
gebrachten Kohlenstoff verbindet,
sich mit dem Chlor zu Chlorwas
Wägung des letzteren wird der
der entstandenen Kohlen

Analysen habe ich diese Methode in einer Weise vervollkommnet, dafs sie einerseits allen Ansprüchen in bei weitem höheren Grade genügt, als die bisher bekannten Methoden zur Bestimmung des Wasserstoffs, andrerseits als das einzige allgemein anwendbare und dabei sehr genaue Verfahren zur Bestimmung des Sauerstoffs betrachtet werden mufs.

Die Apparate, die zu diesen Untersuchungen benutzt wurden, sind durch die Zeichnungen Taf. V, Fig. 1, derart verdeutlicht, dafs ich mich auf eine kurze Erläuterung dieser Figuren beschränken kann.

A. Ein Apparat zur Erzeugung eines continuirlichen Chlorstroms.[1])

Ein Trichter 1, Fig. 1, Taf. X von der in der Zeichnung angedeuteten Form ist durch einen Kautschukpfropfen in den mit Braunstein gefüllten Kolben 2 von sehr dickem Glase, welcher einen anderthalb bis zweimal so grofsen Inhalt als der Trichter hat, luftdicht eingefügt. Aus dem Kolben führt ein durch den Pfropfen hindurch gehendes Glasrohr, durch welches das im Kolben entwickelte Gas entweichen kann; dieses Rohr ist durch einen Hahn 3 zu verschliefsen. In der oberen Oeffnung vom Trichter 1 ist durch ein Stück dicken Gummischlauchs, welches als Pfropfen dient, ein Rohr von der gezeichneten Form mit zwei Kugeln befestigt, das beinahe zur Hälfte mit einer concentrirten Lösung von unterschwefligsaurem Natron oder von Zinnchlorür gefüllt ist. 5 ist ein Wasserbad, in dem der Kolben 2 steht, und 6 ein Rohr mit zwei Kugeln von der gezeichneten Form, die zum Theil mit Wasser gefüllt sind. Letzterer Apparat ist mit dem Rohr 3 und einem Chlorcalciumrohr 7 durch Gummiröhren, auf deren Güte hier, wie in allen Theilen der Apparate besonders geachtet werden mufs, luftdicht verbunden.

Diesen Chlorentwickelungsapparat benutzt man in fol-

1) Die Firma Warmbrunn und Quelitz in Berlin, Rosenthalerstr. 40, will es übernehmen, genau nach meinen Angaben die Apparate, die zu diesen Analysen gebraucht werden, anfertigen zu lassen.

gender Weise: Nachdem der Hahn 3 verschlossen und das Rohr 4 entfernt ist, wird etwas gewöhnliche Salzsäure in den Trichter 1 gegossen; wenn die Flüssigkeit nach einiger Zeit nicht sinkt, also der Apparat schliefst, wird Trichter 1 zu drei Vierteln mit Salzsäure gefüllt und mit dem Rohr 4, welches die angegebene Lösung enthält, verschlossen; hierauf wird der Hahn 3 etwas geöffnet, bis ungefähr ein Drittel der Salzsäure in den Kolben getreten ist; dann wird derselbe wieder geschlossen, und das Wasserbad wird erwärmt. Sobald die Chlorentwickelung beginnt, wird der Hahn von Neuem geöffnet, und das Gas aus dem Chlorcalciumrohr 7 in einen beliebigen Apparat geleitet, in welchem das Chlor absorbirt wird, z. B. in Apparate wie die mit *F* bezeichneten, bestehend aus einem Rohr 32 und einer Woulff'schen Flasche 31, welche eine concentrirte Lösung von Zinnchlorür in zwei Theilen Wasser und einem Theile Alkohol enthält, oder die mit Eisenstücken und mit einer Flüssigkeit, bestehend aus einem Theil Salzsäure, einem Theil Alkohol und zwei Theilen einer concentrirten Eisenvitriollösung, gefüllt ist. Mit dieser Flasche steht in Verbindung ein nach meinem Vater benannter Kaliapparat 32, in dem sich dieselben Flüssigkeiten befinden. Es sind diefs die Apparate und Lösungen, die in später zu beschreibender Weise bei der Analyse selbst benutzt werden, die aber, wenn man nach längerem Gebrauche nicht mehr vollständiges Zutrauen zu ihrem Absorptionsvermögen hat, hier noch zweckmäfsig verwendet werden können.

Da sich bald eine genügende Menge Chlor bildet, so mufs das Erwärmen des Kolbens nach kurzer Zeit unterbrochen werden. Ist die Luft aus dem Kolben verdrängt, so dafs nur in langen Zwischenräumen Gasblasen im Rohr 32 entstehen, so ist das Chlor für die Analyse genügend rein, und der Apparat zum Gebrauch für dieselbe geeignet. Die Entwickelung von vollständig reinem Chlorgas läfst sich bei Anwendung des gewöhnlichen Braunsteins nicht erzielen, weil eine Spur einer fremden Gasart, die jedoch für unsern Prozefs ohne jeden Einfluſs ist, und wahrschein-

lich aus Stickstoff besteht, zugleich mit dem Chlor entweicht. Die Stärke des Chlorstroms kann durch Hahn 3 geregelt werden. Läfst die Entwickelung nach, so wird das Wasserbad wieder erwärmt. Soll der Apparat nicht mehr benutzt werden, so entfernt man vermittelst eines Hebers das Wasser aus dem Wasserbade 5 und gieſst in dasselbe vorsichtig kaltes Wasser, wodurch die Chlorentwickelung bald unterbrochen wird; ist diese überhaupt schon schwach, so ist nur nöthig mit dem Erwärmen aufzuhören. Durch erneutes Heizen des Wasserbades erhält man jeder Zeit einen Chlorstrom. Ist die Salzsäure verbraucht, so entfernt man die im Kolben befindliche Lösung durch das Rohr 3, gieſst neue Salzsäure in den Trichter 1 und verfährt weiter, wie eben angegeben.

B. Apparate, welche zur Aufnahme der zu untersuchenden Substanzen dienen.

Diese Apparate sind verschieden, je nach den Eigenschaften der zu analysirenden organischen Körper.

B' besteht aus zwei Röhren von der gezeichneten Form, nämlich aus der Röhre 8, die auf der einen Seite etwas ausgezogen ist, und an der andern nahe ihrem Ende bei 8 so verengt ist, dafs sie vermittelst eines passenden Gummischlauches, der auch hier als Pfropfen dient, und den man durch etwas Fett schlüpfrig gemacht hat, leicht luftdicht in das Porcellanrohr *C* eingepafst werden kann, und aufserdem noch aus einer zweiten Röhre 9 von ganz dünnem Glase, die gerade in das Porzellanrohr *C* hineinpafst. Diese letztere nimmt in dem Porcellanrohr ungefähr den durch die Zahlen 9 und 27 bezeichneten Raum ein, und ist von beiden Seiten ein klein wenig verengt, so dafs eine hineingeschüttete Substanz nicht leicht herausfallen kann. Bei Anwendung einer gröfseren Menge eines Körpers oder einer sich stark aufblähenden Substanz wählt man zweckmäfsig ein noch etwas längeres Rohr.

B'' besteht aus zwei gabelförmigen Röhren von der gezeichneten Form; die eine davon wird durch ein Gummi-

B'' besteht aus einem gabel
20 zu demselben Zweck, wie
Röhren (bei 8 und 17) veren
mit dem Chlorcalciumrohr 7 u
tenartigen Gefäfs 23, das in ein
den Hahn 24 und den Gummi
ist Das pipettenartige Gefäfs
Zeichnung bei 23 angiebt, mit
che ein gemessenes Volumen b

C. **Apparate zum Erhitzen der Körp
Kohle.**

C ist ein Porcellanrohr von
9^{Mm} innerem Durchmesser, das
rat *B'* zwischen den in der Figu
neten Stellen und bei Benutzung
fast ganz mit vorher stark geglü
angefüllt ist. Am Ende des P
damit leicht ein Gummirohr b
Glasrohr von der unter *B'* 8
ein als Pfropfen dienendes Gum
Zur Vorbereitung für die Unter

schmolzenen Glasröhren[1]) gegenwärtig anwende, und der sich von dem in der genannten Abhandlung beschriebenen dadurch unterscheidet, dafs er, statt mit einem gemeinsamen Drahtnetze versehen zu seyn, aus einzelnen Bunsen'schen Brennern besteht. Statt seiner kann man jeden beliebigen Brenner, der zu den gewöhnlichen Verbrennungsanalysen gebraucht wird, anwenden, am besten einen solchen, der das Porcellanrohr möglichst wenig durch Strahlung erwärmt und somit erlaubt, dafs sich das Rohr ganz in der Nähe der rothglühenden Stelle noch kalt anfühlt, wie dies bei dem gezeichneten Brenner der Fall ist.

Ein langsamer Strom von Chlor wird durch das Porcellanrohr während des Erwärmens desselben hindurch geleitet, bis die Absorptionsapparate für das Chlor, die hierbei ebenso wie bei der anfänglichen Chlorentwickelung benutzt werden, zeigen, dafs nur reines oder richtiger fast reines Chlor aus dem Porzellanrohr entweicht.

D. Apparat zur Aufnahme der durch Abkühlung condensirbaren Körper.

Dieser Apparat besteht in einer etwas gröfseren, vollständig trockenen Kugel *D*, die auf der einen Seite mit *C*, auf der andern mit *E* in Verbindung steht, und in der die Gasarten etwas verweilen müssen, so dafs sich die in denselben befindlichen, durch Abkühlung condensirbaren Körper darin absetzen. Statt einer solchen Kugel kann man auch einen leeren Kaliapparat zweckmäfsig anwenden.

E. Apparat zur Absorption von Chlorwasserstoff.

Derselbe besteht aus einem Mitscherlich'schen Kaliapparat, der, damit er mehr Lösung aufnehmen kann, und damit die Gasarten länger in ihm verweilen, von mir, wie die Zeichnung andeutet, so abgeändert ist, dafs die Kugeln viel gröfser, aber platt zusammengedrückt sind, und dafs das Rohr bei 30 etwas verlängert ist. Er wiegt ungefähr 24 Grm. und faſst bei der für den Gebrauch nothwendigen

1) S. Zeitschrift für praktische Chemie, Bd. LXXXIII, S. 483

Füllung ungefähr 40 CC. Lösung. In diesem Apparate befindet sich eine ganz concentrirte Lösung von salpetersaurem Bleioxyd, die warm hineingebracht ist, so dafs sich im Apparate selbst Krystalle abscheiden. Diese ganz gesättigte Lösung nimmt nur sehr geringe Mengen von Chlor, die für die Bestimmung des Wasserstoffs vernachlässigt werden können, auf, während alle Chlorwasserstoffsäure, wenn die Operation nicht *zu schnell* erfolgt, von ihr absorbirt wird. Die Verlängerung 30 ist zur Erzielung einer guten Absorption sehr zweckmäfsig; auch empfiehlt es sich den Apparat mit der Lösung so zu füllen, dafs beim Schiefstellen desselben die letzte Kugel nur sehr wenig oder gar keine Lösung enthält, damit die sich etwa bildenden Salzsäuredämpfe in derselben verdichtet werden können. In den Figuren sind diese sogenannten Kaliapparate, um sie deutlich zu veranschaulichen, senkrecht stehend gezeichnet, bei der Operation müssen dieselben aber stets etwas schief, d. h. den oberen Theil mehr zurück, gestellt werden, indem man die ein und- ausführenden Röhren auf Klötzchen, die etwas niedriger wie die Apparate selbst sind, ruhen läfst.

Beabsichtigt man *nur eine Sauerstoffbestimmung*, so fallen die beiden Apparate *D* und *E* fort.

F. Apparate zur Aufnahme des Chlors und einiger Zersetzungsproducte.

Diese bestehen in einer Woulff'schen Flasche 31 von ungefähr 200 CC. Inhalt und in einem gewöhnlichen Mitscherlich'schen Kaliapparat 32, die beide mit den früher angegebenen Flüssigkeiten gefüllt sind. Zu der Flasche gehören zwei durch Kautschuckpfropfen luftdicht eingepafste Röhren; die erste, welche das Gas hineinführt, ist oben mit einer Kugel versehen, damit man leicht beobachten kann, ob die Flüssigkeit zurückgetrieben wird, und ob demgemäfs entsprechende Vorkehrungen getroffen werden müssen. Die zweite Röhre ragt nur soweit in die Flasche hinein, als sie vom Pfropfen umgeben ist.

G. Apparate zur Aufnahme von Kohlensäure und Kohlenoxyd.

33 ist ein gewöhnlicher Mitscherlich'scher Kaliapparat, der zur Absorption der Kohlensäure mit Kalilösung gefüllt ist; 34, 35 und 36 sind Apparate wie E. Diese Gefäfse sind, soweit es ihr Gebrauch gestattet, mit einer concentrirten Lösung von Kupferchlorür in Salzsäure gefüllt. Letztere verschafft man sich, indem man eine gesättigte Kupferchloridlösung mit Kupferstückchen bei einem Ueberschufs von Salzsäure in einer gut verschlossenen Flasche längere Zeit in Berührung läfst. In einem solchen Gefäfse kann man die Kupferchlorürlösung stets vorräthig halten; und selbst die gebrauchte Lösung, die man nach dem Auskochen derselben hineingethan, ist nach kurzer Zeit von Neuem verwendbar. Enthält diese soviel Salzsäure, dafs Chlorwasserstoff an der Luft entweicht, ein Umstand, der für die Absorption sehr günstig ist, so setzt man zu der im letzten Apparate befindlichen Lösung vorher ein wenig Kali hinzu, damit die während der Operation freiwerdende Chlorwasserstoffsäure wieder aufgenommen wird.

H. Vorrichtungen zur Aufhebung des Drucks der Flüssigkeiten in den Apparaten.

H' ist ein einfacher an einem Gummischlauche befindlicher Hahn, durch den man während der Operation von Zeit zu Zeit nach Bedürfnifs Luft mit dem Munde heraussaugt.

H'' besteht aus einem grofsen pipettenartigen Gefäfs von ungefähr 500 CC Inhalt mit langem Rohr, das auf der einen Seite in einem mit Wasser gefüllten Gefäfse steht, und auf der andern mit Hahn *H'* in Verbindung ist. Man befestigt dies Gefäfs durch eine Klemme, saugt mit dem Munde dasselbe voll Wasser und bringt es dann mit 36 in Verbindung. Durch Oeffnen des Hahnes *H'* verdünnt man die Luft in den Apparaten.

Nachdem die angeführten Vorbereitungen getroffen sind, kann man zur *Analyse selbst* übergehen. — Die Ope-

ration ist *verschieden* je nach der Natur der zu untersuchenden Substanzen; und es sind in dieser Beziehung drei *Fälle* zu unterscheiden, je nachdem die Körper bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig oder bei 150° vollständig flüchtig sind, oder endlich bei noch höherer Temperatur in Dampfform verwandelt oder zersetzt werden.

Ich werde zuerst die Behandlungsweise der zuletzt genannten Körper beschreiben, und dann die Veränderungen in der Methode anführen, die für die Untersuchung derjenigen Körper, welche in der angegebenen Weise in ihren Eigenschaften von den genannten abweichen, nothwendig sind.

Analyse der nur bei hoher Temperatur flüchtigen oder zersetzbaren Körper.

Das einen Theil des Apparates *B* bildende Rohr 9 bis 27 wird gewogen, dann je nach der gewünschten Genauigkeit der Analyse mit 0,2 bis 1 Grm. darin vertheilter Substanz gefüllt, wieder gewogen und in das Porcellanrohr *C*, das natürlich abgekühlt seyn mufs, vorsichtig hineingebracht, so dafs es in *C* ungefähr zwischen 9 und 27 zu liegen kommt. Mit Hülfe des Rohres 8 wird, nachdem überall ein luftdichter Verschlufs herbeigeführt ist, ein langsamer Chlorstrom durch das Porcellanrohr geleitet, und letzteres wird von nahe 27 bis 28 in der vorher angeführten Weise so bis zum schwachen Glühen erhitzt, dafs die Stelle bei 27 noch vollständig kalt anzufühlen ist. Die entweichenden Gasarten werden in die schon vorher benutzten Apparate, die zur Absorption des Chlors dienen, geleitet. Sobald Gase nicht in gröfserer Menge, als beim reinen Chlorstrom unabsorbirt hindurch gehen, untersucht man sorgfältig, ob nicht Spuren von Wasser sich im Rohr 29 abgesetzt haben; ist dies der Fall gewesen, so mufs das Rohr vor Beginn des Prozesses vollständig getrocknet werden. Während der Erwärmung des Porcellanrohres werden die Apparate *E* und *G* gewogen, und zwar so, dafs man entweder die drei Kupferchlorürapparate gleichzeitig, oder die beiden ersteren zusammen wägt; dann wer-

den alle Apparate mit einander in Verbindung gebracht und mit Stickstoff, den man durch Verbrennen von Phosphor in einer mit Luft gefüllten Glocke darstellt und durch einen mit Kalilösung gefüllten Kaliapparat reinigt, so gefüllt, dafs die Kupferchlorürlösung so kurze Zeit als möglich mit der atmosphärischen Luft in Berührung bleibt. Darauf wird *D* mit *C* durch eine Gummiröhre, die man durch einen Quetschhahn verschliefst, verbunden; dann untersucht man mit Hülfe der Vorrichtung *H*, indem man die Luft in den Apparaten verdünnt, ob vollkommener Verschluſs vorhanden ist; sollte dies nicht der Fall gewesen seyn, was bei guten Gummiröhren nie vorkommt, so müssen die Apparate von Neuem mit Stickstoff gefüllt werden. Nach dieser Prüfung öffnet man den Hahn 3 und überzeugt sich durch Anwendung von Ammoniak davon, dafs keine Spuren von Chlor aus den Apparaten entweichen, umhüllt darauf die betreffenden Theile der Apparate bei 8 und 29 mit einem Gypsbrei und fängt bei schwachem Chlorstrom langsam an, das Porcellanrohr über 27 hinaus zu erhitzen. Die Stellen 27 und 9 desselben, bis zu denen die Röhren von *B'* reichen, sind mit Zeichen versehen.

Die in *B'* 9, 27 hineingebrachten Substanzen werden bei der Erwärmung durch Einwirkung des Chlors zersetzt; nur Kohle bleibt zurück, während der Wasserstoff in Verbindung mit Chlor und der Sauerstoff in Verbindung mit Kohle entweicht. Enthält die Substanz nicht genug Kohlenstoff, so dient die in das Porzellanrohr gebrachte Kohle dazu, allen Sauerstoff an Kohlenstoff zu binden. Ist man mit dem Erhitzen des Porzellanrohres allmälig bis 9 vorgegangen, und zeigen sich nur soviel Blasen im Apparat 32, wie beim Anfang der Operation entstanden, so ist der Proceſs beendet.

Wenn Substanzen durch die hohe Temperatur leicht zurückgetrieben werden, wie z. B. Benzoesäure und Stearinsäure, so ist es, um zu vermeiden, dafs ein Theil derselben unverbrannt bei 8 zurückbleibt, nöthig, durch einen ein-

Porcellanrohr bei 27 bedingt v
an einer Unterbrechung des C
Entwickelung von Gasblasen
ist dadurch zu beseitigen, da
Stelle etwas abkühlen läfst, o
Luft in den Apparaten mehr v
Verstopfung im Allgemeinen
viel fester Chlorkohlenstoff b
solche ist zu erkennen durch
in *E* und das Zurücktreten d
rung ist durch vorsichtiges Erl

Nach Beendigung der Zer
treiben der Producte derselbe
schliefst man wieder durch ei
rohr bei 29, zieht es vorsi
bringt dasselbe unmittelbar m
an der den Stickstoff enthalte
bindung und läfst dann einen
stoff durch die Röhren so lan
ist, dafs dieselben ganz damit
nimmt man dann auseinander,
Luft in die Apparate tritt,

sie mit dem oberen Ende zuerst in den mit Wasser gefüllten Cylinder 26, Fig. 1, und läfst die in derselben befindliche Gasart noch einmal durch die Kali- und Kupferchlorürapparate gehen. —

Der Zweck der besprochenen Apparate und der Lösungen ist wohl einleuchtend; zu bemerken ist jedoch, dafs der Alkohol, der sich bei der Zinn- oder Eisenlösung befindet, deswegen hinzugesetzt ist, weil er eine eigenthümliche Gasart, wahrscheinlich Dämpfe von flüssigem Chlorkohlenstoff, die sich bei dem Procefs bilden und sich auf dem Kali als Flüssigkeit absetzen, so absorbirt, dafs sie nicht mehr nachtheilig wirken können. —

Sehr vereinfacht würde die besprochene Methode werden, wenn man zur Zerlegung der organischen Substanzen Chlorverbindungen statt des Chlorstromes anwenden könnte. Versuche, die zu diesem Zweck mit Chlorkohlenstoff, Quecksilberchlorid u. a. m. angestellt sind, zeigten zwar, dafs durch dieselben eine ähnliche Zerlegung wie durch Chlor vor sich ging, aber auch dafs letztere meist nicht vollständig war, und dafs aufserdem andere Gasarten hierbei entstanden, die von den Absorptionsapparaten aufgenommen wurden. Wie diese Versuche angestellt sind, ist bei der Erfolglosigkeit derselben wohl überflüssig anzugeben.

Es würde für diese Untersuchung von grofser Wichtigkeit seyn, wenn man an Stelle der genannten Apparate, die mit Kupferchlorür gefüllt sind, einen *einzigen* Apparat mit wenig Flüssigkeit anwenden könnte, in welchem eine *vollständige Absorption des Kohlenoxydgases* erfolgte. Um eine derartige Lösung aufzufinden, wurden von mir viele Versuche angestellt; *keine* Lösung zeigte sich indefs vortheilhafter, als die benutzte Flüssigkeit. —

Andere Versuche, welche zum Zweck hatten, die Entwickelung entweder von Kohlenoxyd oder von Kohlensäure bei der Operation zu vermeiden, waren ebenfalls erfolglos; ebenso wenig gelang es, Kohlenoxyd in einer für die Analyse zweckmäfsigen Weise in Kohlensäure überzuführen.

Die letztgenannten Versuche wurden so angestellt, dafs die Gasarten, nachdem die Kohlensäure absorbirt war, durch ein schwach roth glühendes, mit Kupferoxyd gefülltes Rohr, und nachher durch einen Kaliapparat geleitet wurden. Eine in dieser Weise hervorgebrachte Oxydation des Kohlenoxyds ist indefs für die Zwecke der Analyse nicht zu brauchen, da geringe Mengen von Kohlenstoffverbindungen mit dem Kohlenoxyd entweichen, die durch das Kupferoxyd ebenfalls in Kohlensäure umgewandelt werden, so dafs dadurch ein falsches Resultat hervorgebracht wird.

Versuche, Kohlenoxyd durch eine concentrirte Lösung von Natriumpalladiumchlorür bei Reduction des Metalles in Kohlensäure zu verwandeln, führten bei zweckmäfsiger Einrichtung der Apparate, wie die später angegebene Analyse zeigt, zum Ziel, sind aber, da die Umwandlung nur an der Oberfläche der Flüssigkeit und darum sehr langsam geschieht, nur in Ausnahmefällen für die Analyse zu benutzen. Andere Lösungen oder feste Körper, die schneller eine derartige Umwandlung bewirken und sonst gut anwendbar sind, habe ich nicht ermitteln können. —

Für eine Anzahl Stickstoffverbindungen, wie Cinchonin, Chinin u. a. m., in denen viel Kohlenstoff auf wenig Stickstoff enthalten ist, ist die Absorption der Kohlensäure durch Kali nicht ausführbar, weil zugleich vom Kali ein Körper aufgenommen wird, den ich durch kein Absorptionsmittel, weder durch Alkohol, noch durch Glycerin, noch durch die verschiedensten Säuren und Salze, habe vorher entfernen können.

Nach vielen Versuchen ist es mir endlich gelungen, durch eine Mischung einer concentrirten Lösung von essigsaurem Bleioxyd mit kalt gefällter Thonerde, die *Kohlensäure ohne* das besprochene Gas hinreichend zu absorbiren. Diese Mischung wird in drei gewöhnliche Kaliapparate gebracht, die zusammen gewogen werden können. Die ganze Operation wird langsam ausgeführt, damit die Absorption möglichst vollständig vor sich geht. Die hierbei durch Bildung von kohlensaurem Bleioxyd freigewordene Essigsäure

wird an Thonerde gebunden und wirkt in Folge dessen nicht mehr nachtheilig auf die weitere Absorption der Kohlensäure ein.

Nach einer Analyse solcher stickstoffhaltigen Körper müssen die Lösung der Apparate *F*, die zur Absorption des Chlors gedient haben und sonst für eine gröfsere Reihe von Analysen gebraucht werden können, erneuert werden, weil von denselben geringe Mengen der besprochenen Gasart absorbirt werden, die allmählig wieder daraus entweichen.

Analyse der unter 150° flüchtigen Körper.

Bei Körpern, die *unter* 150° sich vollständig verflüchtigen oder durch Chlor zersetzt werden, wendet man statt der Röhre *B'* Röhren von der Form *B''* an, von denen die mit der Kugel versehene gewogen wird. Nachdem die Substanz von 13 aus in die Kugel gebracht und das Rohr fast bis zur Kugel von Spuren der Substanz gereinigt ist, wird dasselbe wieder gewogen und in *C*, wie früher angegeben, luftdicht eingefügt; dann wird 11 mit 13, 12 mit 14 und 10 mit dem Chlorcalciumrohr 7 durch Gummiröhren in Verbindung gesetzt, und bei 12 und 14 wird durch einen Quetschhahn der Verschlufs bewirkt. Die Verengungen bei 18 und 19 haben den Zweck, ein Verdampfen der Substanz vor der Analyse zu verhindern; man mufs deshalb dafür sorgen, dafs der zu untersuchende Körper nicht bis 18 gelangt. Ist derselbe sehr leicht flüchtig, so thut man besser, das Glasrohr mit dem Gummirohr und dem Quetschhahn bei 13 zu wägen. Am besten sind aber für solche Substanzen die Glashähne bei 13 und 18 anzuwenden, deren Gebrauch sich von selbst ergiebt; die Verengungen des Rohres können dann fortbleiben.

Der Hahn bei 3 wird, sobald die nöthigen Vorrichtungen getroffen sind, etwas geöffnet; der Quetschhahn bei 12 wird entfernt und das Porcellanrohr anfangs an den Stellen von 9 bis 28 und später von 9 bis 27 bis zur Rothgluth erhitzt, um Spuren von Feuchtigkeit oder von

den Zahlen 13 und 15 ziemlic

Analyse gasför

Bei gasförmigen Körpern
dicht in *C* eingefügt und bei
Verbindung gesetzt; es wird
durch geleitet, so dafs *B'''* mit
das Rohr bei 22 mit dem G
gebracht. In diesem Gefäfs, d
wenn nöthig, mit Quecksilber
befindet sich die zu untersu
bis zu welchem letztere dass
bei gleicher Wasserhöhe mit
nach der Analyse mit Berück
und Barometer und unter Be
gehaltes das Volumen der Ga
man mit stets bis zu der Mar
läfst auch die Gasart stets b
ausströmen, so dafs ein für
Gases gemessen ist. Je nach
den Gases wählt man gröfsere
fäfse.

rohr einströmt; sobald das Wasser in dem pipettenartigen Gefäfs bis zu der zweiten Marke gelangt ist, verschliefst man den Hahn 24, läfst kurze Zeit Chlor durch das Porcellanrohr hindurchgehen und verfährt weiter, wie oben angegeben.

Analyse der unorganischen Körper.

Auch auf die meisten unorganischen Körper läfst sich die beschriebene Methode der Bestimmung des Wasserstoffs und Sauerstoffs anwenden. Bei nicht flüchtigen Substanzen, die sehr schwer ihren Sauerstoff abgeben, wie z. B. bei schwefelsauren Salzen, ist es nothwendig, dafs dieselben zu diesem Zweck mit geglühter Kohle innig gemengt in das Rohr *B'* 9 gebracht werden. Das übrige Verfahren hierbei unterscheidet sich in keiner Weise von den eben besprochenen Methoden.

Ich habe auf diese Weise mit Apparat *B'* neben vielen anderen folgende Körper analysirt: Naphtalin, Rohrzucker, Weinsäure, Traubensäure, Benzoesäure, Citronensäure, Harnstoff, Benzamid, Nicotin, Coffein, Cinchonin, neutrales schwefelsaures Cinchonin, weinsaures Ammoniak, schwefelsaures Ammoniak, phosphorsaures Ammoniak, saures phosphorsaures Ammoniak, äpfelsaures Bleioxyd, milchsauren Kalk, Brechweinstein, saures schwefelsaures Kali, schwefelsaures Zinkoxyd-Ammoniak, schwefelsaures Nickeloxydul-Ammoniak, schwefelsaures Eisenoxydul-Ammoniak, schwefelsaures Kupferoxyd-Kali, schwefelsaures Chromoxyd-Kali, zweifach chromsaures Kali, salpetersaures Bleioxyd und phosphorsaures Natron.

Mit Apparat *B''* sind untersucht worden: Wasser, Alkohol, Aether, Essigsäure und Benzin.

Aufserdem habe ich mit Apparat *B'''* Luft, Leuchtgas, ölbildendes Gas, Grubengas, und einige neue Gasarten der Analyse unterworfen.

Diese Analysen haben ergeben, dafs die beschriebene Methode mit Ausnahme der später angeführten Substanzen

mung des Wasserstoffs in orga
schen Körpern ist bei Schwefel
chen Körpern, die sich in der F
verhalten, wie z. B. Selenverbi
quellen verbunden, weil hier
entstehen, die durch das salp
Theils aufgenommen werden. –
pern der Wasserstoff bestimmt
gegeben.

Um die Genauigkeit der Me
folgende Analysen an, die ger
geführt worden sind.

a) Analyse vermittelst Absor
Kali und Umwandlung des K
palladiumchlorür in Kohlensäur
Methode.)

Angewandt: 0,399 Grm. äpf

Kohlensäure
Kohlensäure aus Kohlenoxyd
Sauerstoff

b) Analyse bei Absorption d

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlenoxyd des letzten Apparates	0,002 Grm.	—
Chlorwasserstoff	0,813 Grm.	—
Sauerstoff	5,32 Proc.	5,19 Proc.
Wasserstoff	7,71 Proc.	7,79 Proc.

Angewandt: 0,196 Grm. schwefelsaures Cinchonin.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,021 Grm.	—
Kohlenoxyd der beiden ersten Apparate	0,032 Grm.	—
Kohlenoxyd des letzten Apparates	0,006 Grm.	—
Chlorwasserstoff ist mit Chlorschwefel verunreinigt. Wasserstoff ist weiter hinten bestimmt.	—	—
Sauerstoff	18,87 Proc.	18,76 Proc.

Analysen bei Absorption der Kohlensäure durch Kali und des Kohlenoxyds durch Kupferchlorür.

Angewandt: 1,038 Grm. Benzoeschwefelsaurer Baryt.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,340 Grm.	—
Kohlenoxyd der beiden ersten Apparate	0,095 Grm.	—
Kohlenoxyd des letzten Apparates	0,004 Grm.	—
Sauerstoff	29,27 Proc.	29,14 Proc.

Angewandt: 0,890 Grm. Harnstoff.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,306 Grm.	—
Kohlenoxyd der beiden ersten Apparate	0,020 Grm.	—
Kohlenoxyd des letzten Apparates	0,003 Grm.	—
Chlorwasserstoff	2,184 Grm.	—
Sauerstoff	26,48 Proc.	26,66 Proc.
Wasserstoff	6,72 Proc.	6,66 Proc.

Angewandt: 0,537 Grm. Rohrzucker.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,349 Grm.	—
Kohlenoxyd	0,041 Grm.	—
Chlorwasserstoff	1,278 Grm.	—
Sauerstoff	51,62 Proc.	51,47 Proc.
Wasserstoff	6,51 Proc.	6,43 Proc.

Die Fehler bei Anwendung der beiden letzten, guten Methoden liegen für die Sauerstoffbestimmung in den Wägungen und betragen bei den angewandten sehr geringen Mengen doch immer weniger als 0,25 Proc.; bei der Wasserstoffbestimmung betragen sie weniger als 0,09 Proc. Bei Anwendung von mehr Substanz läfst sich noch eine gröfsere Genauigkeit erzielen. Die Fehler bei Anwendung der bisher bekannten Methoden zur organischen Elementar-Analyse schätzt man bei der Bestimmung des Wasserstoffs ungefähr bis auf 0,2 Proc. Die grofsen Vortheile, welche die *directe* Bestimmung des Sauerstoffs und die geschilderte aufserordentlich genaue Bestimmung des Wasserstoffs gewähren, sind somit einleuchtend.

II. Bestimmung von Kohlenstoff, Chlor, Brom, Jod, Schwefel und Stickstoff.

Die Bestimmung des Kohlenstoffs nach den bisher gebräuchlichen Methoden enthält in der Anwendung des Kupferoxyds oder der andern Körper, die zur Verbrennungsanalyse dienen, erhebliche Fehlerquellen, so dafs im Allgemeinen die Fehler bei guten derartigen Bestimmungen zwischen zwei bis drei Zehntel Procent betragen. Aufserdem sind die Vorbereitungen dazu verhältnifsmäfsig sehr zeitraubend. Die Methode der Analyse, die ich hier beschreiben werde, läfst in den meisten Fällen eine *fünfmal* gröfsere Genauigkeit zu, ist ohne viele Vorbereitungen und in verhältnifsmäfsig kurzer Zeit mit der gröfsten Sicherheit auszuführen.

Die Bestimmungen von Chlor, Brom, Jod und Schwefel werden bei der neuen Methode *zugleich* mit der Bestimmung des Kohlenstoffs und des Stickstoffs durch eine einzige Analyse gemacht; dieselben sind frei von den grofsen Fehlerquellen, die die Anwendung von Kalkerde usw. mit sich bringt und geben aufserdem eine verhältnifsmäfsig grofse Genauigkeit.

Die Bestimmung des Stickstoffs wird mit geringer Mühe und der gröfsten Genauigkeit zugleich mit der der genannten Körper ausgeführt.

Diese analytischen Methoden beruhen einfach darauf, dafs man die zu untersuchenden Substanzen in einem Wasserstoffstrome verflüchtigt, den Wasserstoff mit den darin enthaltenen verflüchtigten Körpern in einem besondern Apparate in reinem Sauerstoff verbrennt, das gebildete Wasser durch Schwefelsäure entfernt und die andern Producte der Verbrennung mit Ausnahme des Stickstoffs, den man durch das Volumen bestimmt, in gewogenen Apparaten, jedes für sich, auffängt.

Apparate und Vorbereitung zur Analyse.

Die Apparate, die ich zu diesen Analysen anwende, kann man sich leicht mit Hülfe der hinten angefügten Zeichnungen Fig. 2 und 3, Taf. X., veranschaulichen. Der Apparat Fig. 2 besteht aus zwei Röhren, der Hauptröhre *A*, aus sehr gut gekühltem, nicht leicht schmelzbarem Glase, die einen innern Durchmesser von 12 ^{Mm} hat, und deren Länge von *c* bis *d* 200^{Mm}, von *d* bis *e* 130^{Mm}, von *e* bis *f* 250^{Mm}, von *f* bis *g* 50^{Mm}, von *g* bis *h* 30^{Mm}, von *h* bis *i* ebenfalls 30^{Mm} und von *i* bis *j* 100^{Mm} beträgt, und aufserdem aus dem Rohr *B*, das einen beliebigen Durchmesser haben kann, in *A*, wie die Zeichnung angiebt, eingeschmolzen ist und mit einem Sauerstoff haltenden Gasometer, an dem sich eine Vorrichtung zur Reinigung dieses Gases von Kohlensäure befindet, in Verbindung steht. Ob letztere Gasart vollständig durch diese Vorrichtung, an der man auch die Mengen der entweichenden Gasart erkennen mufs, auch

bei schnellerem Sauerstoffstrome entfernt wird, ist vor dem Beginn der Analyse zu untersuchen [1]).

Zur Bestimmung des Schwefels hat das Rohr *A* eine etwas andere Form, wie Fig. 3 anzeigt. Die Entfernung von *c* bis *k* ist dieselbe wie in Fig. 2 von *c* bis *d*; von *k* bis *l* beträgt sie 50^{Mm}, von *l* bis *m* und von *m* bis *n* 110^{Mm}, von *n* bis *o* 250^{Mm} und von *o* bis *p* 11^{Mm}. Alle diese Längenangaben sollen nur dazu dienen, ein Bild des Apparates zu geben; die Entfernungen können nach Bedürfnifs geändert werden; auch können bei Chlor- und Brombestimmungen die Biegungen bei *g* und *h* fortfallen.

Behufs der Vorbereitung zur Analyse wird der betreffende Apparat vollständig gereinigt und ausgetrocknet; reine concentrirte Schwefelsäure wird dann bei der *Chlor-*, *Brom-* und *Schwefelbestimmung* durch die Oeffnung bei *j* Fig. 2 oder bei *p* Fig. 3 eingezogen, bis das Rohr zwischen *e* und *f* Fig. 2 oder zwischen *no* Fig. 3 zur Hälfte damit gefüllt ist; bei der *Jod*bestimmung bringt man eine gleiche Menge Schwefelsäure durch eine Pipette mit langem Rohre von *c* Fig. 2 aus so hinein, dafs das Rohr *cd* nicht benetzt wird; ist trotzdem eine Benetzung erfolgt, so wischt man das Rohr mit Papier, welches mit Wasser angefeuchtet worden, aus und trocknet es wieder mit Filtrirpapier.

Bei der Schwefelbestimmung bringt man vor dem Hineinsaugen der Schwefelsäure in den Raum bei *l* des Apparates Fig 3 zuerst etwas Chlorcalcium und dann eine geringe Menge von schwefligsaurer Kalkerde vermittelst eines theilweise damit angefüllten Rohres so hinein, dafs die Wandungen des Rohres *c' k* rein bleiben; nöthigenfalls mufs man dieselben sorgfältig von daran befindlichen Spuren dieser Substanzen reinigen.

In die Oeffnung *c* Fig. 2 oder *c'* Fig. 3 pafst ein Rohr

1) Dieser Apparat eignet sich sehr gut zu zwei Vorlesungsversuchen, erstens zur Darstellung des Wassers aus seinen Elementen und zweitens zur Verbrennung der atmosphärischen Luft in Wasserstoff unter Wasserbildung. Die Anwendung des Apparates hierbei ergiebt sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Methode der Analysen.

trqs Fig. 2 von dünnem Glase knapp hinein, das bei *q* und *r* Verengungen hat. Es ist auf der einen Seite *s* in eine Spitze ausgezogen, deren äufserer Durchmesser ungefähr 3^{Mm} und deren Oeffnung ungefähr $\frac{1}{2}^{Mm}$ beträgt. Bei *r* ist es etwas verengt, damit bequem die Verbindung mit *c* oder *c'* in der früher angegebenen Weise durch ein Gummirohr hergestellt werden kann, und bei *q* ist eine Verengung um ein Zurücktreten der Substanz über *q* hinaus zu verhindern. Die Entfernung von *q* bis *r* beträgt ungefähr 40^{Mm}, von *q* bis *s* ungefähr 110^{Mm}.

Durch viele Versuche habe ich die angegebene Einrichtung der Apparate als die dem Zweck am meisten entsprechende gefunden. Es wird bei dieser in dem später beschriebenen Procefs das Zuschmelzen der Glasröhre *trqs* bei *s*, die Entstehung der Töne der chemischen Harmonika, die sehr nachtheilig bei der Operation sind, und dergleichen Uebelstände mehr vermieden.

Zur Bestimmung von *Kohlenstoff*, *Chlor* und *Brom* wird ein Mitscherlich'scher Kaliapparat *z'* Fig. 3 mit den oben beschriebenen Abänderungen an *j* Fig. 2 durch ein Gummirohr befestigt; dieser Apparat, welcher, worauf ich hier wieder aufmerksam mache, nicht wie die Figur andeutet, bei der Operation senkrecht, sondern *stets* schräg gestellt werden mufs, ist mit einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Bleioxyd gefüllt und wird zusammen mit dem darauf folgenden Rohr *uw* und mit dem Gummi schlauch, der beide Apparate verbindet, gewogen. Das Rohr ist von *u* bis *v* Fig. 2 oder 3 mit gefälltem Quecksilberoxyd in möglichst zusammengeballten Massen, und von *v* bis *w* mit Chlorcalcium gefüllt. Mit diesem Rohr ist ein mit Kalilösung gefüllter Mitscherlich'scher Apparat, wie ihn die Zeichnung Fig. 3 *x* oder Fig. 2 *x* darstellt, verbunden; an demselben befindet sich ein kleines Rohr, das auf der dem Kaliapparat zugewendeten Seite Stückchen von Bimstein, die mit Kalilauge getränkt und darauf getrocknet sind, enthält, während es auf der andern Seite mit Chlorcalcium ge-

füllt ist. Die beiden letzten Apparate werden zusammen mit dem sie verbindenden Gummirohr gewogen.

Zur Bestimmung des *Jods* wendet man statt des mit salpetersaurem Bleioxyd gefüllten Apparates ein Rohr *ys* Fig. 2 von gezeichneter Form an; bei *y* pafst in dasselbe die Spitze *j* bis nahe an *i* hinein und wird durch ein kleines Gummirohr, das hier wieder als Pfropfen dient, luftdicht eingepreſst.

Zur Bestimmung des *Schwefels* bringt man statt des salpetersauren Bleioxyds in den betreffenden Apparat Fig. 3 *s'* eine erwärmte Lösung von ganz concentrirtem zweifach chromsaurem Kali, aus welcher sich beim Erkalten Krystalle abscheiden.

Analyse der gar nicht oder schwer flüchtigen Körper.

Das Rohr *trqs* wird gewogen, mit der zu analysirenden Substanz von *s* bis *q* gefüllt, in seinen übrigen Theilen gereinigt, abermals gewogen und durch einen Gummischlauch mit einem Wasserstoffapparat, der einen continuirlichen Strom mit hinreichendem Druck giebt, bei *A* in Verbindung gebracht. Vermittelst eines Stückes dicken Gummischlauches wird das Rohr bei *r* in *c* oder *c'* luftdicht eingefügt, nachdem man ersteres durch etwas Fett schlüpfrig gemacht hat. Man öffnet darauf den Hahn des den Sauerstoff enthaltenden Gasometers, untersucht, ob die Apparate luftdicht sind, indem man den Hahn verschliefst und den Stand der Flüssigkeit im Kalirohr beobachtet, läfst, nachdem man sich von dem guten Verschluſs überzeugt hat, einen langsamen Strom von Sauerstoff durch die Apparate, nimmt darauf das Rohr *trqs* heraus, läfst langsam Wasserstoff aus *s* entweichen, zündet denselben an, schiebt das Rohr *trqs* schnell in *e* hinein und stellt daselbst wieder einen luftdichten Verschluſs her. Es wird jetzt die Wasserstoffflamme, sobald genügend Sauerstoff vorhanden ist, ruhig in dem Apparat fortbrennen. Man regulirt den Wasserstoff- und den Sauerstoffstrom so, daſs nicht zu schnell Sauerstoffblasen aus den letzten Apparaten entweichen. Man erhitzt dann ganz

allmählich, indem *A* oder *A'* mit einem einfachen Brenner erwärmt wird, die Substanz im Rohr *trqs* von *s* anfangend bis *q*; weicht dieselbe hierbei stark zurück, so mufs man zugleich das Rohr zwischen den Stellen *q* und *r* möglichst nahe bei *q* erhitzen. Zweckmäfsig ist es, bei so zurückweichenden oder bei flüssigen Substanzen Bimsteinstücke, wie dies bei der anderen Analyse besprochen, in das Rohr hineinzubringen, die die Substanz aufsaugen.

Das Erhitzen mufs aufserordentlich vorsichtig bewerkstelligt werden, da die Flamme bei *s* durchaus keinen Rufs absetzen darf. Entweicht durch einen Zufall zuviel brennbares Gas aus *s*, so mufs man durch einen stärkeren Strom von Sauerstoff den Kohlenstoff vollständig verbrennen. Die Anwendung eines zu starken Sauerstoffstroms hat den Nachtheil, dafs dabei leicht die Gasarten nicht so schnell von den Absorptionsgefäfsen aufgenommen werden können. —

Andere Kaliapparate, z. B. der Liebig'sche oder Geifsler'sche, sind, wenn sie nicht dem angewendeten vollkommen analog sind, für diese Analyse nicht geeignet, weil die Flüssigkeit in denselben einen zu verschiedenen Druck ausübt und dadurch ein ruhiges Brennen der Flamme unmöglich macht. Die von mir getroffene Abänderung des von meinem Vater construirten Kaliapparats war einerseits nothwendig, um eine gröfsere Menge Flüssigkeit anwenden zu können, und andrerseits, um die Gasarten mit der Flüssigkeit länger in Berührung zu lassen, so dafs ohne Gefahr ein stärkerer Gasstrom durch dieselben geleitet werden kann. —

Ist durch irgend einen Zufall die Wasserstoffflamme erloschen, so verschliefst man augenblicklich den Hahn des Wasserstoffapparates, läfst den Sauerstoff noch kurze Zeit langsam hindurchströmen, damit alle Verbrennungsprodukte aus dem vorderen Theil des Apparates verdrängt werden, und verfährt dann wieder wie beim Beginn der Operation. Vor Beendigung derselben mufs man das äufsere Rohr von *q* bis *s* beinahe bis zum Glühen erwärmen, damit die darin befindliche Substanz vollständig zerlegt wird. Bei Sub-

stanzen, die sich sehr schwer zersetzen, ist es vortheilhaft, wenn man beim Ende der Operation das Rohr *trqs* umdreht, so dafs die oberen Theile desselben, die vorher nicht so stark erhitzt wurden, ebenfalls bis nahe der Rothgluth erwärmt werden können.

Nach beendigter Verbrennung der Substanz unterbricht man den Wasserstoffstrom und läfst den Sauerstoff langsamer hindurchströmen, so dafs die letzten Verbrennungsproducte durch die Absorptionsapparate geführt werden. Hat sich Kohlenstoff in dem Rohr *trqs* abgeschieden, so wird dasselbe, nachdem man es, um das condensirte Wasser zu entfernen, ein wenig erwärmt und Luft hindurch gezogen hat, gewogen, dann von Neuem bei hindurchströmendem Wasserstoff bis zur Rothgluth erhitzt und darauf abermals gewogen. Ist die Operation gut ausgeführt worden, so differiren die beiden Wägungen nicht. Sind dagegen bei ungenügender Erhitzung noch sehr geringe Mengen unzersetzt geblieben, so kann man durch weitere Berechnung noch ein verhältnifsmäfsig gutes Resultat der Analyse erhalten. Der Rückstand im Rohr *trqs* ist, wenn die angewendete Substanz nicht Aschenbestandtheile enthält, reiner Kohlenstoff und ist auch als solcher in Rechnung zu bringen. Bei vollständig flüchtigen Substanzen hat man, wenn der zu analysirende Körper nicht vollständig verbrannt ist, nur den Rückstand wieder zu bestimmen und in Abzug zu bringen.

Durch die Verbrennung entstehen je nach der Natur der angewendeten Substanzen folgende Producte: Wasser, Kohlensäure, Chlorwasserstoff, Brom, Jod, schweflige Säure und Schwefelsäure, aufserdem noch geringe Mengen Bromwasserstoff und Jodwasserstoff. Das entstehende Wasser wird stets durch die zwischen *e* und *f* Fig. 2 oder *n* und *o* Fig. 3 befindliche Schwefelsäure aufgenommen, so dafs nur *trockne* Gasarten entweichen. Diese Schwefelsäure absorbirt mehr oder weniger grofse Mengen von den über dieselbe geleiteten Gasarten; um letztere auszutreiben, wird nach Beendigung der Operation bei einem schwachen Strome von Sauerstoff das Rohr *ef* Fig. 2 oder *no* Fig. 3 durch eine

Gasflamme erwärmt, so dafs die freigewordenen Gasarten sogleich durch den Sauerstoffstrom weiter geführt werden. Die Temperatur der Röhre darf hierbei nicht zu sehr gesteigert werden, weil sonst durch das Entweichen von Schwefelsäuredämpfen Fehler entstehen würden. Man vermeidet dies, wenn man das die Schwefelsäure enthaltende Rohr stets nur soweit erhitzt, dafs ein von Wasser benetztes Stück Filtrirpapier, das man an die verschiedenen Stellen des Rohres bringt, eben zu zischen anfängt. Hat man die Schwefelsäure einige Zeit bei dieser Temperatur erhalten, so befinden sich in derselben keine Gasarten oder nur unwägbare Spuren derselben absorbirt.

Die Bestimmung von Kohlenstoff, Chlor und Brom ist beendet, sobald die betreffenden Apparate gewogen sind. Die Gewichtszunahme der Apparate für das Chlor ist als Chlorwasserstoff und beim Brom als Brom in Rechnung zu bringen. Nur sehr geringe Mengen von Bromwasserstoff bilden sich, die bei dem hohen Aequivalentgewicht des Broms aufser Acht zu lassen sind. Die Gewichtszunahme des Apparates mit Kali rührt von Kohlensäure her; wenn ein Rückstand im Rohr *trqs* geblieben war, so ist dieser, wie angeführt, Kohlenstoff.

Bei der Bestimmung des Jods mufs man, nachdem man die Schwefelsäure erhitzt hat, in einem continuirlichen schwachen Strom von Sauerstoff das Jod, das sich zwischen *d* und *e* Fig. 2 abgesetzt hat und hier von dem in die Schwefelsäure geflossenen Wasser grofsentheils befreit worden ist, *sehr langsam* so verflüchtigen, dafs es sich in dem zwischen *g* und *h* Fig. 2 belegenen Theil des Rohres *A* wieder absetzt. Eine schnelle Operation mufs durchaus hierbei vermieden werden, weil einerseits durch dieselbe Wasser, das sich noch zwischen den Jodkrystallen befindet, nach der Stelle *gh* hinübergetrieben wird, und weil andrerseits bei zu schnellem Verflüchtigen des Jods grössere Mengen von flüssigem Jod, das auf der Schwefelsäure sich absetzt und in *geringen* Mengen auf derselben schwimmt und leicht weiter verflüchtigt wird, in der Schwefelsäure un-

tersinken, aus der sich das Jod nur durch langwieriges, vorsichtiges Erhitzen entfernen läfst. Hierbei mufs man dann noch besonders darauf achten, dafs keine Schwefelsäure verdampft. Befindet sich das Jod zwischen *g* und *h*, so sieht man leicht, ob sich zwischen den Jodkrystallen oder in deren Nähe Wasser abgesetzt hat. Ist dies der Fall, so verschliefst man die Apparate und läfst sie, nachdem die zur Bestimmung der Kohlensäure dienenden Röhren entfernt sind, einen Tag lang stehen. Nach Verlauf dieser Zeit ist das Wasser, wenn es nicht allzu reichlich vorhanden war, von der Schwefelsäure aufgenommen. Das trockne Jod wird durch einen starken Sauerstoffstrom und durch schwaches Erwärmen in den Apparat *xy* geleitet. Die Gewichtzunahme der Apparate zur Bestimmung des Jods kann ohne Fehler als von Jod herrührend angenommen werden, da sich nur geringe Mengen von Jodwasserstoff bilden, und da das Aequivalent dieser Verbindung nur sehr wenig höher ist wie das des Jods.

Bei der Bestimmung des Schwefels verursacht die durch die Verbrennung bedingte, wenn auch geringe Bildung von Schwefelsäure Weitläufigkeiten. Man bringt, um die Schwefelsäure in schweflige Säure überzuführen, in den Raum bei *l* Fig. 3 schwefligsaure Kalkerde und Chlorcalcium hinein, und zwar so, dafs zuerst die schwefligsaure Kalkerde in Berührung mit dem durch die Verbrennung entstandenen Wasser kommt. Die gebildete Schwefelsäure zerlegt die schwefligsaure Kalkerde in der Art, dafs auf ein Atom Schwefelsäure ein Atom schweflige Säure entsteht. Diejenige Menge von schwefliger Säure, die von dem durch die Verbrennung entstandenen Wasser absorbirt worden und schwer ohne Fehler nur durch starkes Erhitzen aus der schwefligsauren Kalkerde zu entfernen ist, wird durch die concentrirte Chlorcalciumlösung, die man nach der Operation durch Erwärmen bei einem schwachen Sauerstoffstrom, das man mit der nöthigen Vorsicht vornimmt, damit nicht Spuren derselben in den Theil des Rohres *no* gelangen, vollständig in Freiheit gesetzt.

Zu der Stickstoffbestimmung, die im Wesentlichen die angegebenen Methoden in keiner Weise verändert, stellt man sich vor Allem möglichst reinen Sauerstoff dar, den man sich aus reinem chlorsauren Kali in der Art verschafft, dafs der Sauerstoff erst nach längerer Entwickelung in einen Gasbehälter geleitet wird, der mit einer *concentrirten Kochsalzlösung* gefüllt ist. Es enthält der Sauerstoff noch eine Gasart, die von Kali aufgenommen wird, man mufs ihn deshalb vor seinem Gebrauch, wie den gewöhnlich benutzten, durch Reinigungsapparate gehen lassen.

Die Gasarten, die aus dem letzten der zusammengestellten Apparate bei x, Fig. 2 und Fig. 3 entweichen, bestehen nur aus Sauerstoff und Stickstoff und gehen durch ein Rohr α, Fig. 2, das Phosphor enthält. Der Sauerstoff wird vom Phosphor aufgenommen, und der Stickstoff geht zur Bestimmung des Volumens desselben in ein mit einer Theilung versehenes Rohr β, das in dem Cylinder γ steht und mit Wasser gefüllt ist. Das Phosphorrohr besteht aus zwei Glasröhren, von denen, wie die Zeichnung in Fig. 2 angiebt, die eine eng anschliefsend in der andern liegt, wobei wieder ein die innere Röhre umschliefsendes Gummirohr als Pfropfen dient. Der Phosphor liegt in dieser zwischen den Stellen δ und ε, etwas entfernt von dem genannten Gummirohr, damit dasselbe nicht durch die bei der Verbrennung des Phospors entstehende höhere Temperatur leidet. *Zwei* Röhren sind nothwendig, weil durch die entstehende Phosphorsäure das Glas bei der hohen Temperatur stark angegriffen wird und deshalb leicht während der Analyse springt. Geschieht dies in einem einfachen Rohr, so würde dadurch die Bestimmung des Stickstoffs vereitelt seyn; bei Anwendung von zwei Röhren kann die innere, ohne dafs dadurch eine Störung der Analyse bedingt wird, zerspringen. Letztere Röhre mufs, wie die Zeichnung es angiebt, viel länger seyn, wie die äufsere, damit die in dem Rohr entstandenen Säuren des Phosphors nicht durch die leicht ein wenig zurücktretenden Gasarten in die vorhergehenden Apparate gelangen können.

Bei der Bestimmung des Stickstoffs müssen die Apparate zur Bestimmung der andern Körper mit Sauerstoff gefüllt werden; dann bringt man das durch einen Quetschhahn verschlossene Phosphorrohr, in welchem nach vollständig bewirkter Absorption des Sauerstoffs der darin befindlichen Luft nur noch Stickstoff enthalten ist, und an dem sich das getheilte, mit Wasser gefüllte Rohr befindet, mit den andern Apparaten in Verbindung, öffnet den Quetschhahn, nach schwachem Erwärmen des Phosphors, hebt das graduirte Rohr β durch eine Klemme soweit in die Höhe, dafs der Flüssigkeitsdruck in den Apparaten beinahe aufgehoben wird, nimmt dann das Rohr *trqs*, während man den Sauerstoffstrom verstärkt, heraus, zündet den Wasserstoff an und verfährt weiter, wie früher besprochen, nur mit dem Unterschied, dafs man das Rohr β stets nach Bedürfnifs höher stellt. Man mufs besonders vorsichtig und langsam beim Herausnehmen des Rohrs *trqs* verfahren, damit in das Rohr A oder A' nicht Luft eintritt.

Nach Beendigung der Verbrennung läfst man längere Zeit Sauerstoff durch die Apparate gehen, damit der Stickstoff vollständig nach den Röhren α und β geleitet wird, verschliefst dann durch den Quetschhahn wieder das Phosphorrohr bei η, wägt die Apparate und bestimmt nach längerer Zeit das Volumen des hinzugekommenen Stickstoffs unter Berücksichtigung der Temperatur und des Atmosphärendrucks.

Analyse der leicht flüchtigen Körper.

Bis jetzt habe ich die Methode zur Untersuchung flüssiger oder fester Körper, die sich *nicht leicht verflüchtigen* lassen, auf Kohlenstoff, Chlor, Brom, Jod, Schwefel und Stickstoff beschrieben. Sind dagegen leicht zu verflüchtigende Substanzen in dieser Weise zu analysiren, so wendet man einen Apparat an, welcher mit dem bei der Wasserstoff- und Sauerstoffbestimmung in derartigen Körpern benutzten (B'', Fig. 1, Taf. X) übereinstimmt, nur mit dem Unterschiede, dafs derselbe eine Spitze von der Form hat,

wie solche bei der so eben beschriebenen Analyse der schwerflüchtigen körper bei *s* vom Rohr *trqs* angewendet wird. Aufserdem mufs das betreffende Rohr in den Apparat, in dem die Verbrennung vor sich geht, gut hinein passen. Man verfährt bei der Analyse mit diesem Apparat ebenso, wie früher bei der Sauerstoffbestimmung angegeben wurde, nur mit dem Unterschiede, dafs man Wasserstoff statt Chlor durch denselben hindurch gehen läfst und nach Anzündung der Wasserstoffflamme das Rohr mit der Spitze in den Verbrennungsapparat hineinbringt. Der Hahn bei 13, (*B*" Fig. 1) ist während des Hineinbringens verschlossen; dieser wird nach demselben geöffnet; der Hahn bei 18, wenn ein solcher vorhanden ist, ebenso; dagegen wird der Hahn bei 12 verschlossen. Im Wasserstoffstrom verdampft dann die im beschriebenen Rohr befindliche Substanz, ein Prozefs, den man, wenn nöthig, durch Erwärmen beschleunigt. Die weitere Operation ergiebt sich aus der zuletzt beschriebenen Methode.

Analyse gasförmiger Körper.

Auch Gasarten untersucht man auf Kohlenstoff und die übrigen mit demselben zugleich zu bestimmenden Körper mit den bei der Sauerstoff- und Wasserstoffbestimmung angewendeten Apparaten *B*", Fig. 1, die nur in sofern eine Aenderung erleiden, dafs das gabelförmige Rohr mit einer Spitze wie am Rohr *trqs* bei *s* Fig. 2 versehen wird. Auch der Gebrauch dieser Apparate ergiebt sich aus dem früher Gesagten. Wenn die zu untersuchenden Gasarten brennbar sind, so unterbricht man zur Beschleunigung der Analyse den Wasserstoffstrom, so dafs die zu untersuchende Gasart allein verbrennt und treibt nur zuletzt die geringe Menge der Gasart, die sich in Rohr 20 befindet, mit Wasserstoff heraus. Bei dieser Untersuchung kann man das in dem pipettenähnlichen Gefäfs 23 befindliche Gas niemals vollständig verbrennen, da man eines Druckes bedarf, damit die Gasart ausströmt; man läfst dieselbe in Folge dessen stets nur bis zu der Marke 23 austreten.

Andere Methode zur Analyse gasförmiger Körper.

Hat man Gasarten auf Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff zu untersuchen, bei denen man einen ganz geringen Verlust unberücksichtigt lassen darf, oder bei denen es nur auf die genaue Kenntnifs des Verhältnisses zwischen den genannten Körpern ankommt, so benutzt man hierzu sehr zweckmäfsig einen Apparat von folgender einfacher Construction: In das Glasrohr *A''* von engem Durchmesser, das die in Fig. 4, Taf. X, angegebene Gestalt hat, ist ein dünnes Rohr *B''* eingeschmolzen.

Zur Bestimmung der Zusammensetzung von Gasarten, die nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff bestehen, paſst man in die Oeffnung *e'* luftdicht vermittelst eines Gummischlauches ein zu einem Chlorcalciumapparate gehöriges Rohr *C* mit einer Kugel von der gezeichneten Form ein. An diesem befindet sich ein Rohr *f'* aus dünnem Glase, das unten etwas ausgezogen und umgebogen und mit Chlorcalcium gefüllt ist, das ferner unten und oben mit etwas Watte verschlossen und durch einen Gummischlauch luftdicht, wie die Zeichnung ergiebt, mit *d'* in Verbindung gesetzt ist. An diesem Apparat befinden sich wieder zur Bestimmung der Kohlensäure und des Stickstoffs Vorrichtungen, die ebenso wie die früher angegebenen construirt sind. Ist in den zu untersuchenden Gasarten Chlor, Brom, Jod oder Schwefel enthalten, so nimmt man, weil bei solchen Körpern das Chlorcalciumrohr nicht anwendbar seyn würde, statt dieses einen mit concentrirter, reiner Schwefelsäure gefüllten kleinen Kaliapparat, der ebenso wie das Chlorcalciumrohr in *e'* eingepaſst wird.

Ein Glasrohr, das eine Spitze mit sehr kleiner Oeffnung hat und mit der die zu untersuchende Gasart enthaltenden Glocke *B'''* 23, Fig. 1, Taf. X, vermittelst eines Hahns- und Gummirohrs in Verbindung steht, wird luftdicht in das Rohr *A''* eingepaſst. Sauerstoff wird dann durch Rohr *B''* in den Apparat geleitet. Nachdem der Verschluſs desselben geprüft ist, wird die Spitze nach dem Herausnehmen des Rohres, um das Fortbrennen zu erleichtern, beinahe

bis zur Rothgluth erwärmt, die sehr langsam ausströmende Gasart dicht vor dem Rohr *A''* angezündet, die Spitze des Rohrs schnell in *A''* hineingebracht und luftdicht eingefügt, wo die Gasart dann fortbrennt. Sehr zu empfehlen ist es, vor der Operation erst zu versuchen, ob die zu *enge* Oeffnung der Spitze nicht das Fortbrennen verhindere, oder die zu *weite* Oeffnung derselben die Töne der chemischen Harmonika veranlasse.

Das im Rohr gebildete Wasser wird, nachdem eine genügende Menge der Gasart verbrannt ist, in einem langsamen Sauerstoffstrom durch Erwärmen in den gewogenen Chlorcalciumapparat oder in den mit Schwefelsäure gefüllten Apparat geführt. Hierbei wird die Temperatur nie so gesteigert, dafs eine Zersetzung des Gummi's entstehen kann. Durch vorsichtiges Erhitzen des Schwefelsäure-Apparates werden die absorbirten Gasarten aus demselben entfernt, während das Wasser zurückbleibt.

Durch die Gewichtszunahme der Apparate und durch die volumetrischen Messungen wird in dieser Weise sehr schnell die Zusammensetzung einer Gasart bestimmt. Auch wird sich hierbei, aber etwas umständlich, zugleich Chlor, Brom, Jod oder Stickstoff in den Gasarten, ähnlich, wie früher angegeben, bestimmen lassen.

Es leidet dies ganze Verfahren nur an dem Fehler, dafs man einen geringen Verlust beim Beginn der Operation nicht umgehen kann. Man wird bei leicht entzündlichen Gasarten auch diesen vermeiden können, wenn man unmittelbar vor der Oeffnung der Spitze einen Draht anbringt, den man durch den galvanischen Strom zum Glühen bringen kann, oder wenn ebendaselbst in dem Apparate die Gasart durch elektrische Funken entzündet wird.

Andere Methode zur Bestimmung des Wasserstoffs in allen organischen Verbindungen.

Für Substanzen, in denen Schwefel oder sich ähnlich verhaltende Elemente enthalten sind, ist die früher angegebene Methode zur Bestimmung des Wasserstoffs nicht anwend-

bar. Um solche und auch um je nach Wunsch andere Körper auf ihre Wasserstoffmenge zu untersuchen, ist folgende Methode sehr zweckmäfsig.

Der zuletzt beschriebene Apparat, Fig. 4, Taf. X, wird bei Untersuchung von *Gasarten* oder *leicht flüchtigen Substanzen*, auf Wasserstoff so benutzt, wie eben geschildert ist; zur Analyse von *schwer flüchtigen* Körpern wird er nur in sofern verändert, dafs man ihn etwas längen macht und dem Rohr *A''* einen Durchmesser giebt, wie *A* Fig. 2, oder *A'* Fig. 3 hat, so dafs das Rohr *trqs*, Fig. 2, gut hineinpafst. Die Apparate zur Aufnahme der zu analysirenden Substanz sind dieselben, welche bei der Verbrennung der Körper mit Wasserstoff beschrieben sind; zur Aufnahme der Verbrennungsproducte dienen die eben bei Fig. 4 im vorigen Abschnitt beschriebenen Apparate. Statt des Wasserstoffs, der bei den früheren Bestimmungen zur Verflüchtigung angewendet wurde, wird zu diesen Untersuchungen Kohlenoxyd, das durch ein Chlorcalciumrohr getrocknet wird, in ebenso getrocknetem Sauerstoff mit den verflüchtigten Substanzen verbrannt. Die Oeffnung der hierzu benutzten Spitze ist etwas enger, das Glas bei derselben zweckmäfsig etwas weniger dick, wie bei den zu den andern Bestimmungen benutzten Spitzen *s* am Rohr *trqs*. Nach der Verbrennung verfährt man weiter, wie bei der eben beschriebenen Methode angegeben; die Verbrennung selbst mufs etwas langsam vorgenommen werden, weil in Folge der gröfseren Menge der gebildeten Kohlensäure sonst leicht ein zu schneller Gasstrom durch die Absorptions-Apparate hindurch geht, und hierdurch Verbrennungsproducte unaufgenommen entweichen können. — Es ist kaum nöthig anzugeben, dafs man mit einer solchen Wasserstoffbestimmung Bestimmungen von Chlor, Brom, Jod und Stickstoff bei Anwendung der nöthigen Vorsichtsmafsregeln verbinden kann.

Schwefelbestimmungen sind hierbei, wie auch bei der zuletzt besprochenen Methode, durch die schon angeführte Bildung von Schwefelsäure bei der Verbrennung des Schwefels *nicht* ausführbar. Auch werden durch letztere Fehler-

quellen bei der Wasserstoffbestimmung hervorgebracht, die aber, wie ich gleich zeigen werde, zu gering sind, um in den meisten Fällen in Betracht zu kommen.

Um die Menge der Schwefelsäure beim Verbrennen des Schwefels unter diesen Verhältnissen zu bestimmen, wurden 0,128 Grm. Schwefel in trocknem Kohlenoxyd verflüchtigt und in trocknem Sauerstoff verbrannt; die Menge der Schwefelsäure betrug 0,015 Grm., d. h. also 4,8 Proc. von dem angewandten Schwefel haben sich in Schwefelsäure umgeändert.

Bei den Analysen ist diese Bildung zu vernachlässigen, wie aus der hinten angegebenen hervorgeht, in der bei dieser angewendeten Menge von 0,194 Grm. schwefelsaurem Cinchonin entstehen nach dem vorhergehenden 0,001 Grm. Schwefelsäure, eine Menge, der 0,05 Proc. Wasserstoff entsprechen. Nur bei Substanzen, die viel Schwefel enthalten, wird die gebildete Schwefelsäure in Abzug zu bringen seyn.

Die Apparate und Methoden sind hier meist so beschrieben, wie sie zur gleichzeitigen Bestimmung mehrerer Elemente gebraucht werden. Bei Substanzen, in denen nur das eine oder andere zu bestimmen ist, werden die Apparate zweckmäßig vereinfacht, wie man ohne weitere Auseinandersetzung leicht ersehen wird.

Auch Elemente, wie Antimon, Arsen, Phosphor und dergleichen mehr, die in flüchtigen Verbindungen sich befinden, lassen sich leicht durch geringe Modificationen der beschriebenen Methoden bestimmen, da sie sich beim Verbrennen, mit Sauerstoff verbunden, in den Röhren *A*, Fig. 2, Taf. X, als feste Körper absetzen. Aus diesen Röhren, die man nicht mit Schwefelsäure gefüllt hat, kann man sie leicht durch Hinausspülen entfernen und dann bestimmen.

Um die Genauigkeit der angeführten Methoden zu zeigen, werde ich die Resultate einer Anzahl von in der letzten Zeit gemachten Analysen mittheilen.

Bestimmung des Kohlenstoffs und des Chlors.

Angewandt: 0,975 Grm. Chloroform.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,361 Grm.	—
Chlorwasserstoff	0,894 Grm.	—
Kohlenstoff	10,10 Proc.	10,05 Proc.
Chlor	89,18 Proc.	89,12 Proc.
Summe:	100,42 Proc.	100 Proc.

Angewandt: 0,652 Grm. Chloroform.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,238 Grm.	—
Chlorwasserstoff	0,597 Grm.	—
Kohlenstoff	9,99 Proc.	10,05 Proc.
Chlor	89,11 Proc.	89,12 Proc.

Bestimmung des Broms.

Angewandt: 0,625 Grm. Bromwasserstoff Ammoniak.

	Gefunden:	Berechnet:
Brom	0,513 Grm.	—
Brom	82,08 Proc.	81,64 Proc.

Bestimmung des Jods.

Angewandt: 0,498 Grm. Jod.

	Gefunden:	Berechnet:
Jod	0,4995 Grm.	—
Jod	100,30 Proc.	100 Proc.

Bestimmung des Kohlenstoffs und Jods.

Angewandt: 0,601 Grm. Jodoform.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,0675 Grm.	—
Jod	0,584 Grm.	—
Kohlenstoff	3,06 Proc.	3,05 Proc.
Jod	97,17 Proc.	96,70 Proc.

Angewandt: 0,934 Grm. Jodwasserstoffanilin.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	1,115 Grm.	—
Jod	0,543 Grm.	—
Kohlenstoff	32,56 Proc.	32,58 Proc.
Jod	58,13 Proc.	57,47 Proc.

Bestimmung des Schwefels.

Angewandt: 0,414 Grm. Schwefel.

	Gefunden:	Berechnet:
Schweflige Säure	0,890 Grm.	—
Schwefel	100,22 Proc.	100 Proc.

Bestimmung des Kohlenstoffs und des Schwefels.

Angewandt: 0,6015 Grm. Schwefelkohlenstoff.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,340 Grm.	—
Schweflige Säure	1,020 Grm.	—
Kohlenstoff	15,12 Proc.	15,79 Proc.
Schwefel	84,78 Proc.	84,21 Proc.
	100,20 Proc.	100 Proc.

Der Schwefelkohlenstoff enthält etwas überschüssigen Schwefel.

Bestimmung des Kohlenstoffs und Stickstoffs und des Stickstoffs allein.

Angewandt: 0,206 Grm. Cinchonin.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,576 Grm.	—
Kohlenstoff	0,0033 Grm.	—
Stickstoff bei 17° C. u. 750 Mm. Barometerdruck 16,4 CC.		
Kohlenstoff	77,85 Proc.	77,92 Proc.
Stickstoff	9,27 Proc.	9,09 Proc.

Angewandt: 0,361 Oxalsaures Ammoniak.

	Gefunden:	Berechnet:
Stickstoff	19,8 Proc.	19,72 Proc.

Bestimmung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs in gasförmigen Körpern.

Angewandt nach Berechnung auf 0° C und 760 Mm Barometerdruck reducirt 97,1 CC Grubengas = 0,0695 Grm. nach Berechnung.

	Gefunden:	Berechnet:
Kohlensäure	0,190 Grm.	0,1914 Grm.
Wasser	0,1545 Grm.	0,1566 Grm.
Kohlenstoff	74,4 Proc.	75,0 Proc.
Wasserstoff	24,7 Proc.	25,0 Proc.
Verlust	0,9 Proc.	—

Bestimmung des Wasserstoffs durch Verbrennen mit Kohlenoxyd.

Angewandt: 0,194 Grm. schwefelsaures Cinchonin.

	Gefunden:	Berechnet:
Wasser	0,126 Grm.	—
(darin Schwefelsäure 0,001 Grm.)		
Wasserstoff	7,22 Proc.	7,20 Proc

Bestimmungen von zwei Analysen zusammengestellt.

Angewandt: 0,2 bis 0,3 Grm. Cinchonin.

	Gefunden:	Berechnet:
Sauerstoff	5,32	5,20
Wasserstoff	7,71	7,79
Kohlenstoff	77,85	77,92
Stickstoff	9,03	9,09
Zusammen:	99,91	100,00

Durch diese Analysen wird bewiesen, dafs bei den beiden letzten Methoden die Fehlerquellen in denselben so gering sind, dafs sie für die gewöhnlichen Untersuchungen zu vernachlässigen sind, und ferner, dafs *in der Methode selbst* zur Bestimmung des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Chlors, Broms, Jods und Schwefels keine Fehlerquelle von irgend einer Bedeutung enthalten ist, wie sich dies schon aus dem Wesen der Operation ergiebt; die Fehlerquellen liegen fast nur in den Wägungen und Messungen; in Folge dessen wird die Analyse um so genauer werden, je gröfsere Mengen von Substanz derselben unterworfen werden.

Letzteres ist vorzüglich in den Fällen wünschenswerth,

in denen Kohlenstoff zurückbleibt, der als solcher in Rechnung gebracht wird.

Fassen wir zum Schlufs die Resultate der ganzen Arbeit zusammen, so ergiebt sich Folgendes:

Die angegebene Methode zur Bestimmung des Sauerstoffs und Wasserstoffs in organischen und in vielen unorganischen Verbindungen, nach welcher die Zerlegung derselben durch Chlor bei Rothgluth unter Bildung von Chlorwasserstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd erfolgt, ist sehr leicht und mit einer Sicherheit und Genauigkeit auszuführen, welche von der Elementar-Analyse auf Wasserstoff nach den bisher bekannten Methoden bei Weitem nicht erreicht wird, und sie gewährt aufserdem zuerst die Möglichkeit, den Sauerstoffgehalt aller organischen Verbindungen und vieler unorganischen Körper mit grofser Genauigkeit direct zu ermitteln.

Die Bestimmung von Kohlenstoff, Chlor, Brom, Jod, Schwefel und Stickstoff durch Verbrennung der Substanz mit Wasserstoff in einem Sauerstoffstrome, wobei sich Wasser, Kohlenstoff, Kohlensäure, Chlorwasserstoff, Brom, Jod und Stickstoff bilden, übertrifft alle übrigen bekannten Methoden, da sie, bei Verbrauch von wenig Substanz und bei Vermeidung der jenen anhaftenden Fehlerquellen, eine schnelle, sichere und sehr bequeme Operation gestattet.

Für die Untersuchung *gasförmiger Körper*, deren Analyse bei Anwendung des Eudiometers in hohem Grade Zeit, Mühe und Ausdauer erfordert, gewähren die von mir aufgefundenen Methoden eine wesentliche Erleichterung.

Da somit die Möglichkeit gegeben ist, die Zusammensetzung aller organischen Körper bei Weitem genauer zu bestimmen, als dies bisher geschehen konnte, wird es nothwendig seyn, viele complicirtere Verbindungen von Neuem der Analyse zu unterwerfen.

Berlin, März 1867

IV. *Ueber den zweckmäfsigsten Widerstand des Galvanometers beim Messen von Widerständen mittelst einer Wheatstone'schen Brücke*[1]*;*

von Louis Schwendler.

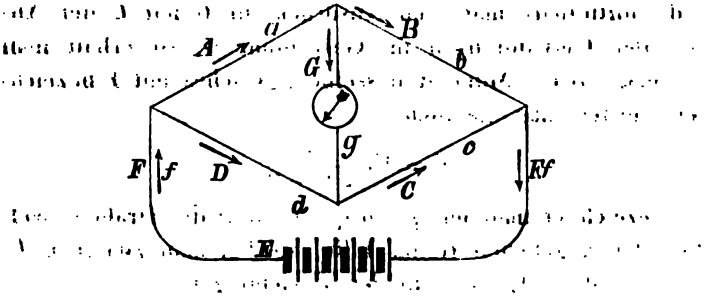
Es ist allgemein bekannt, dafs beim Messen von Widerständen mittelst einer Wheatstone'schen Brücke die gröfste Empfindlichkeit erreicht wird, wenn die vier Brückenzweige einander gleich sind; keine Untersuchung existirt jedoch bis jetzt, meines Wissens, über die mindestens gleich wichtige Frage:

Welcher Widerstand des Galvanometers das magnetische Moment desselben zu einem Maximum mache, wenn die übrigen Zweige gegeben sind.

Es ist bekannt, dafs im einfachen Stromkreis der Widerstand des Galvanometers gleich dem aufserwesentlichen Widerstande seyn mufs, um das magnetische Maximum zu erreichen. Aus ähnlichen Gründen wie hier, mufs auch in dem complicirten Stromlauf einer Brücke ein solches Gesetz existiren, und ist nur die Frage zu beantworten, was in diesem Falle als aufserwesentlicher Widerstand zu betrachten sey. Die Beantwortung dieser Frage, welche aus einem practischen Bedürfnifs hervorgegangen ist, soll der Hauptgegenstand der folgenden Untersuchung seyn.

In untenstehender Figur 1 seyen a, b, c, und d die

Fig. 1.



1) Zuerst mitgetheilt im *Phil. Mag.* Mai 1866 und Jan. 1867.

Widerstände der vier Zweige, f der Widerstand im Batteriezweige und g der unbekannte Widerstand des Galvanometers. Bezeichnet man mit den resp. grofsen Buchstaben die Stromstärken in den sechs verschiedenen Zweigen der Brücke und ist E die elektromotorische Kraft, so hat man nach den beiden Kirchhoff'schen Gesetzen die folgenden sechs von einander unabhängigen Gleichungen:

$$A = B + C$$
$$C = D + G$$
$$F = A + D$$
$$aA + gG - dD = o$$
$$fF + aA + gG + cC = E$$
$$gG + cC - bB = o$$

Aus diesen 6 Gleichungen die 5 Stromstärken A, B, C, D, und F eliminirt, folgt eine Gleichung die nur noch die Stromstärke G, die elektromotorische Kraft E und die Widerstände der sechs Zweige enthält; aus dieser Gleichung die Stromstärke G entwickelt, folgt:

$$G = \frac{E}{\frac{g(c+d)(a+b)+f(a+b+c+d)}{bd-ac} + \frac{f(b+a)(a+d)+ab(c+d)+cd(a+b)}{bd-ac}}$$

Setzt man in diesem Ausdruck für G, $bd - ac = o$, so folgt $G = o$; das bekannte Brückengesetz.

Zur Vereinfachung setze man:

$$(c+d)(a+b) + f(a+b+c+d) = V$$
$$bd - ac = \beta$$
$$f(b+c)(a+d) + ab(c+d) + cd(a+b) = W$$

und multiplicirt man den Ausdruck für G mit U der Anzahl der Umwindungen im Galvanometer, so erhält man das magnetische Moment desselben, welches mit Y bezeichnet werden mag, nämlich:

$$Y = E\alpha \frac{U}{gV + W}$$

Bezeichnet man mit q den Querschnitt des Drahtes, welcher den gegebenen Raum [illegible], so hat man zwischen U, q und g die folgenden beiden Gleichungen:

$$U = \frac{\text{const.}}{q}$$

$$\text{und } g = \frac{U \,.\, \text{const}}{q}$$

$$\text{also } U = \text{const.}\ \sqrt{g}\ ^{1}),$$

und deshalb

$$Y = E\alpha \,.\, \frac{\sqrt{g}}{gV + W} \,.\, \text{Const.}$$

In diesem Ausdruck für Y nehme man allein g veränderlich und es kommt jetzt nur darauf an denjenigen Werth von g zu bestimmen, für welchen Y zum Maximum wird. Das ist der Fall, wenn

$$g = \frac{W}{V}$$

oder, indem man wieder die Werthe von W und V substituirt;

$$g = \frac{f(b+e)(c+d) + ab(c+d) + cd(a+b)}{(c+d)(a+b) + f(a+b+c+d)} \quad . \quad . \quad (1).$$

Indem man Zähler und Nenner dieses Bruches mit ac dividirt, erhält man die für die weitere Untersuchung besser geeignete Formel:

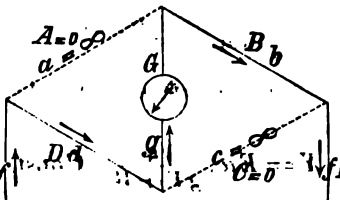
$$g = \frac{f\left(1+\frac{d}{a}\right)\left(1+\frac{b}{c}\right) + bd\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{c}\right) + b + d}{\left(1+\frac{d}{a}\right)\left(1+\frac{b}{c}\right) + f\left(\frac{b+d}{ac}+\frac{1}{a}+\frac{1}{c}\right)} \quad . \quad . \quad (1).$$

Diese Gleichung (1) giebt also die allgemeine Abhängigkeit zwischen dem Galvanometerwiderstand und den Widerständen der 5 übrigen Zweige, wenn das magnetische Moment ein Maximum ist, und da diese Gleichung unabhängig von der Gleichgewichtsbedingung ($G = o$) entwickelt worden ist, so muſs man das bekannte Gesetz für den einfachen Stromkreis daraus erhalten, wenn man $a = c = \infty$ setzt. Fig. 1 wandelt sich alsdann um in Fig. 2 (siehe umstehende Figur) und die Gleichung (1) giebt

$$g = f + b + d$$

was wichtig ist.

1) Was nur richtig ist, wenn die radiale Dicke der isolirenden Umhüllung im Verhältniſs zum Drahtdurchmesser sehr klein ist.



Anstatt der Gleichung (1) kann man auch schreiben

$$g = \frac{ab}{a+b} + \frac{cd}{c+d} + f\gamma, \quad \ldots \quad (1)$$

vorausgesetzt daſs

$$\gamma = \frac{(ac-bd)^2}{(a+b)(b+d)[(a+b)(c+d)+f(a+b)+c+d)}$$

Es ist jedoch klar, daſs das Gesetz, welches durch Gleichung (1) ausgedrückt wird, nur dann von wirklich practischem Interesse ist, wenn man dem Gleichgewicht in der Brücke sehr nahe, d. h. G sehr nahe Null ist. Für diesen Fall haben wir $ac - bd$ sehr klein, deshalb γ, welches dem Quadrat dieser kleinen Gröſse proportional ist, nähert sich noch mehr der Gränze Null und da f der Widerstand im Batteriezweige, schon von selbst so klein als es eben möglich ist, gewählt wird, so kann man sehr nahe dem Gleichgewicht, $f\gamma = 0$ setzen. Nahe dem Zustande des Gleichgewichts hat man daher näherungsweise:

$$g = \frac{ab}{a+b} + \frac{cd}{c+d} \quad \ldots \quad (2)$$

Da aber $(ac-bd)^2$ sehr klein, so kann man auch schreiben

$$g = \frac{(a+d)(b+c)}{a+b+c+d} \quad \ldots \quad (2)$$

Welche Gleichung (2) ein sehr einfaches Gesetz für die Wheatstone'sche Brücke nahe dem Gleichgewicht giebt.

Das magnetische Maximum wird erreicht, wenn der Widerstand des Galvanometers gleich dem parallel gestell-

ten Widerstand derjenigen beiden Doppelszweige ist, welche dem Galvanometer gegenüber liegen.

Hiernach kann man also stets den Widerstand, resp. den Durchmesser, des Drahtes berechnen, der den gegebenen Raum auszufüllen hat, und zwar erhält man im Allgemeinen für jeden verschiedenen, zu messenden Widerstand einen anderen Werth von g; da jedoch das Galvanometer nur eine sehr beschränkte Anzahl von verschiedenen Widerständen besitzen kann, so wird es nöthig, für diejenigen zu messende Widerstände das obige Gesetz allein in Erfüllung gehen zu lassen, für welche die anderen Bedingungen am unvortheilhaftesten sich stellen, und es ist klar, dafs dieses der Fall seyn wird für alle grofsen Widerstände, die nur mittelst einer grofsen Differenz in den Zweigen a und d gemessen werden können. Mit den gewöhnlichen Brücken, wie sie jetzt allgemein bei Kabelprüfungen angewandt werden, kann man Widerstände zwischen den Gränzen 0,01 bis 1 Mill. Siemens's Einheiten messen. Die Zweige a und d bestehen aus den Widerständen 10, 100 und 1000, während der Vergleichswiderstand zwischen den Gränzen 1 bis 10000 Siemens'scher Einheiten verändert werden kann, und es ist evident, dafs, wenn man für eine solche Brücke den Widerstand eines Galvanometers mit nur einem Windungssystem zu wählen hat, dieser Widerstand das gefundene Gesetz erfüllen mufs, wenn die grofsen Widerstände von 100000 bis 1 Mill. S. E. gemessen werden sollen, oder wenn man das Mittel 550000 zu messen hat. Für diesen Fall hat man in Gleichung (2) zu setzen

$$a = 10$$
$$d = 1000$$
$$b = 5500$$
$$\text{und } c = 550000;$$

dann folgt: $g = 1009$ Siemens's Einheit.

Da näherungsweise $dc - bd = 0$ gesetzt werden kann, so kann man Gleichung (2) auch schreiben

$$g = \left(\frac{a+d}{c+d}\right) c$$

und für den Fall, dafs der zu messende Widerstand c im Verhältnifs zum gröfsten der beiden Zweige, nämlich d, sehr grofs ist, kann man auch schreiben:

$$g = a + d$$

oder in diesem Fall:

Das magnetische Maximum des Galvanometers wird erreicht, wenn der Widerstand desselben gleich ist der Summe der beiden kleinsten Zweige.

Obgleich schon aus der Herleitung folgt, unter welchen Bedingungen das gefundene Gesetz, resp. Gleichung (2), allein richtig ist, so will ich doch noch einmal diese Bedingungen hier kurz wiederholen, besonders da die letzte der Bedingungen zu einer weiteren Untersuchung Veranlassung giebt, die von einem ganz allgemeinen Interesse ist.

Der Ausdruck für g Gleichung (2) ist nur richtig, wenn

1) der Widerstand im Batteriezweige sehr klein ist, wenigstens klein im Verhältnifs zum Parallel-Widerstand der beiden Doppelzweige, welche dem Galvanometer gegenüber liegen d. h. klein im Verhältnifs zu $\frac{(a+d)(b+c)}{a+b+c+d}$;

2) das Gleichgewicht mufs nahezu hergestellt seyn, und

3) der nichtleitende Querschnitt einer jeden Umwindung mufs entweder sehr klein seyn im Verhältnifs zum leitenden Querschnitt, oder allgemeiner, dieses Verhältnifs zwischen nichtleitenden und leitenden Querschnitt einer jeden Umwindung mufs eine Constante seyn, für Drähte von verschiedenen Durchmessern.

Die beiden ersten Bedingungen werden erfüllt in allen Fällen von practischem Interesse. Die dritte Bedingung wird jedoch nicht erfüllt, in dem die Dicke der isolirenden Umhüllung von Drähten (Seide) für Drähte von sehr verschiedenem Durchmesser constant ist, d. h. so dünn als es die Natur des isolirenden Materials zuläfst. Das Verhältnifs zwischen dem nichtleitenden und leitenden Querschnitt eines Drahtes variirt daher mit dem Durchmesser des Drahtes; aus diesem Grunde erscheint es also nothwendig den Ausdruck für g zu corrigiren. Diese Correction zu finden

und zu untersuchen, ob sie wirklich so grofs sey, um in gewissen vorkommenden Fällen sie berücksichtigen zu müssen, ist der Zweck der weiteren Untersuchung. Diese Untersuchung hat nicht allein Interesse in unserem speciellen Fall der Wheatstone'schen Brücke, sondern sie tritt, da aller aufgewickelter Draht isolirt seyn muß, überall in den Vordergrund, wenn es sich darum handelt, für irgend ein Instrument in irgend einem Stromkreis denjenigen Draht zu wählen, welcher das magnetische Moment des Instruments für gegebenen aufserwesentlichen Widerstand zum Maximum macht.

Es sey:

g der unbekannte Widerstand des Drahtes, der einen gegebenen Raum auszufüllen hat und für diesen Raum das magnetische Maximum erzeugen soll;

k der aufserwesentliche Widerstand in irgend einer gegebenen Stromverzweigung, welcher Widerstand stets eine gewisse Function der Widerstände aller Zweige mit Ausnahme von g ist[1]);

q der leitende Querschnitt einer jeden Drahtumwindung;

A der nichtleitende Querschnitt einer jeden Umwindung, bestehend aus der isolirenden Umhüllung und dem nicht ausgefüllten Raum;

λ Die specifische Leitungsfähigkeit des Drahtmaterials;

U Die Anzahl der Windungen, welche nöthig sind, den gegebenen Raum mit Draht vollzuwickeln; dann hat man:

$$U = \frac{A}{q + A}$$

und

$$g = \frac{UB}{\lambda q}$$

oder

$$U = \sqrt{\frac{A\lambda}{B}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{A}{q}}} \sqrt{g}$$

1) Z. B. für die Wheatstone'sche Brücke nahe dem Gleichgewicht ist:

$$k = \frac{(a+d)(b+c)}{a+b+c+d}$$

A und B sind zwei Constante für constanten Raum und constante Leitungsfähigkeit, nämlich A ist die Hälfte des Querschnitts des vollzuwickelnden Raumes, rechtwinklich zu den Windungen, und B die Länge einer mittleren Umwindung. $\frac{B}{A\lambda}$ bedeutet also einen elektrischen Widerstand, der für constanten Raum und constante Leitungsfähigkeit constant ist und mit v' bezeichnet werden mag: also

$$U = \sqrt{\frac{g}{v'}}\ \sqrt{\frac{1}{1+\frac{\Delta}{q}}}$$

Setzt man in diesem Ausdruck für U

$$\Delta = o \text{ oder } \frac{\Delta}{q} = \text{constant},$$

so hat man

$$U = \sqrt{g} \cdot \text{constant},$$

unsere frühere Substitution für U, welche uns für das magnetische Maximum

$$g = k$$

gab; oder der Widerstand des Drahtes, welcher den gegebenen Raum zu füllen hat, muſs gleich dem auſserwesentlichen Widerstand seyn.

Da jedoch, wie schon bemerkt, die radiale Dicke der isolirenden Umhüllung stets dieselbe ist für Drähte von sehr verschiedenen Durchmessern, so ist $\frac{\Delta}{q}$ veränderlich mit q, respective mit g, und deshalb muſs man, um das magnetische Maximum für gegebenen Raum zu erzeugen, haben:

$$g = f(k), \text{ oder:}$$

Sobald man die isolirende Umhüllung berücksichtigt, darf der Widerstand des Drahtes, welcher den gegebenen Raum zu füllen hat, nicht gleich dem auſserwesentlichen Widerstande seyn.

Um diese Function $f(k)$ zu bestimmen, wollen wir annehmen, daſs der gegebene Raum gleichmäſsig mit Draht

vollgewickelt werde, dessen isolirende Umhüllung die radiale Dicke δ haben mag. Man kann alsdann setzen:

$$\frac{A}{q} = c\frac{\left(\sqrt{\frac{q}{\pi}}+\delta\right)^2}{q} - 1,$$

c bedeutet eine Constante, welche angiebt, wie man sich das gleichmäfsige Vollwickeln des gegebenen Raumes mit Draht zu denken habe[1]). Den Werth von $\frac{A}{q}$ in den Ausdruck für U gesetzt und berücksichtigt, dafs man $q = \frac{UB}{g\lambda}$ hat, erhält man:

$$\sqrt{U} = \frac{\sqrt{\frac{g\pi}{v'c}}}{\sqrt{U}+\sqrt{\frac{\delta^2\pi\lambda}{B}}\sqrt{g}}.$$

Da jedoch δ, die radiale Dicke der Isolirung, für alle Drähte als constant vorausgesetzt werden kann, so ist $\frac{B}{\delta^2\pi\lambda}$ ein constanter Widerstand für constanten Raum und constante Leitungsfähigkeit, der mit w bezeichnet werden mag, und setzt man aufserdem:

$$\frac{\pi}{v'c} = \frac{1}{v}$$

so hat man einfacher:

$$\sqrt{U} = \frac{\sqrt{\frac{g}{v}}}{\sqrt{U}+\sqrt{\frac{g}{w}}}$$

Hieraus U entwickelt, folgt:

$$U = \frac{g}{2w} + \sqrt{\frac{g}{v}} \pm \sqrt{\frac{g}{w}\sqrt{\frac{g}{v}} + \frac{g^2}{4w^2}}.$$

Da jedoch U die Anzahl der Umwindungen in einem gegebenen Raum nicht bis ins Unendliche mit g wachsen kann, indem die radiale Dicke der isolirenden Umhüllung stets gröfser als Null ist, so gilt in diesem Fall das negative Zeichen der Quadratwurzel, also:

1) Denkt man sich den Querschnitt A im Quadrate zerlegt, so hat man $c = 4$, in Sechsecke $c = 3{,}4$ usw.

$$U = \frac{g}{2w} + \sqrt{\frac{g}{v}} - \sqrt{\frac{g}{w}\sqrt{\frac{g}{v} + \frac{g^2}{4w^2}}}.$$

Nennt man jetzt Y das magnetische Moment desjenigen Zweiges, von welchem g der Widerstand und U die Anzahl der Umwindungen ist, so hat man

$$Y = \text{const.} \frac{U}{g+k}$$

oder für U den obigen Werth substituirt und $\sqrt{g} = x$ etc. gesetzt, folgt:

$$Y = \text{const.} \frac{\frac{x^2}{2w} + \frac{x}{\sqrt{v}} - \sqrt{\frac{x^2}{w\sqrt{v}} + \frac{x^4}{4w^2}}}{x^2+k}$$

und es kommt jetzt nur noch darauf an, denjenigen Werth von x zu bestimmen, welcher Y zum Maximum macht.

Es ist

$$\frac{dY}{dx} = (k+x^2)\left\{\frac{x}{w} + \frac{1}{\sqrt{v}} - \frac{\frac{3x^2}{w\sqrt{v}} + \frac{x^3}{w^2}}{2\sqrt{\frac{x^2}{w\sqrt{v}} + \frac{x^4}{4w^2}}}\right\} -$$

$$2k\left\{\frac{x^2}{2w} + \frac{x}{\sqrt{v}} - \sqrt{\frac{x^2}{w\sqrt{v}} + \frac{x^4}{4w^2}}\right\} = 0,$$

oder nach einigen einfachen Reductionen erhält man die folgende Gleichung:

$$x^4 - k\frac{\sqrt{v}}{w}x^3 - 2kx^2 + k^2 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Diese Gleichung vom vierten Grade hat nur zwei reelle Wurzeln, welche beide positiv sind. Die eine ist stets gröfser als $\sqrt{k}$ und die andere kleiner als $\sqrt{k}$, so lange $\frac{\sqrt{v}}{w}$ von Null verschieden ist; da aber nun $x < \sqrt{k}$, $\frac{dY}{dx}$ negativ macht, so entspricht nur diesen Werth einem Maximum von Y.[1]).

1) Die andere reelle Wurzel $x > \sqrt{k}$ giebt das Maximum von Y, wenn das positive Zeichen der Quadratwurzel gilt, und der Grund warum Gleichung (3) beide Maxima enthält, ist der, dafs $\frac{dY}{dx} = 0$ identisch ist für beide Y.

Wir haben also:

$$x_2 = g < k, \text{ oder}$$

Unter Berücksichtigung der isolirenden Umhüllung mufs der Widerstand des Raumes, welcher das Maximum des magnetischen Effects erzeugen soll, stets kleiner als der aufserwesentliche Widerstand seyn; und mag nach Gleichung (3) berechnet werden.

Setzt man in Gl. (3) $\frac{V v}{w} = 0$, d. h. $\delta = 0$ (keine isolirende Umhüllung), so hat man den früheren Ausdruck für g, nämlich:

$$x^2 = g = k;$$

die Differenz zwischen k und g hängt deshalb von dem Coëfficienten $m = \frac{V v}{w}$ in der Weise ab, dafs sie mit diesem Coëfficienten wächst. Es wird daher von Interesse seyn, die Natur dieses Coëfficienten etwas näher zu untersuchen.

Wir hatten früher

$$v = \frac{v' c}{\pi} = \frac{B}{A \lambda \pi} \cdot c$$

und

$$w = \frac{B}{\delta^2 \pi \lambda}$$

also

$$m = \frac{V v}{w} = \delta^2 \sqrt{\frac{c \pi \lambda}{A B}} \quad \ldots\ldots \quad (4).$$

Drückt man elektrische Widerstände in Siemens'schen Einheiten aus, so ist zu messen:

δ^2 und A in Quadratmillimetern

B in Metern

und λ ist die specifische Leitungsfähigkeit des Drahtmaterials, wenn die Leitungsfähigkeit des reinen Quecksilbers bei 0° als Einheit gesetzt wird.

Ist also der aufserwesentliche Widerstand k für irgend eine Stromverzweigung bekannt und der Coëfficient w nach Formel (4) berechnet, so giebt die Gleichung (3) den entsprechenden Werth von $x^2 = g < k$. Eine solche numerische Rechnung ist jedoch stets umständlich, und es wird

daher besser seyn einen algebraischen Näherungsausdruck für g zu geben.

Setzt man in Gleichung (3) wieder

$$x = \sqrt{g} \text{ etc.}$$

so hat man

$$g^2 - kmg\sqrt{g} - 2kg + k^2 = 0$$

oder

$$(k - g)^2 = kmg\sqrt{g}$$

oder

$$(k - g)^4 = k^2 m^2 g^3 \quad \ldots\ldots (3).$$

Setzt man auf der rechten Seite dieser Gleichung

$$g = k - p,$$

wo p eine positive Gröfse ist, die mit k und m wächst, so folgt

$$(k - g)^4 = k^2 m^2 (k - p)^3$$

oder

$$(k - g)^4 = k^2 m^2 (k^3 - 3k^2 p + 3kp^2 - p^3)$$

oder, indem man auf der rechten Seite alle Glieder mit Potenzen von p gegen k^3 vernachlässigt, erhält man näherungsweise:

$$(k - g)^4 = k^3 m^2;$$

oder g entwickelt:

$$g = k(1 - \sqrt[4]{km^2}) \quad \ldots\ldots (5).$$

Diese Formel giebt g allerdings etwas zu klein, jedoch hinreichend nahe genug für die practische Anwendung, wie die folgende Tabelle zeigt:

k in Siemens' Einheiten	$g = x^2$ berechnet nach Gl. (3)	$g' = k\left(1 - \sqrt[4]{km^2}\right)$	$g - g'$
100	85,56	83,90	+ 1,66
200	164,00	162,00	+ 2,00
300		236,40	
500		379,50	
700		516,60	
900		648,90	
1000	762,00	714,00	+ 48,00

In dieser Tabelle ist:

$m = 0{,}0026$ d. h.

$\delta = 0^{mm}03$ (die gewöhnliche Dicke von einfach mit Seide umsponnenem Draht).

$\lambda = 55$ (reines Kupfer bei 0°).

$B = 0{,}2$ Meter

$A = 200^{mm}$

$q = 4$

Die obige Tabelle zeigt, dafs wenn $m = 0{,}0026$, welcher Werth in vielen Fällen der Anordnung, z. B. für einen noch kleineren Raum und dickere Umspinnung, überschritten werden kann, der corrigirte Werth g um 14,4 bis 23,8 Procent vom correspondirenden aufserwesentlichen Widerstande abweicht. Diese Differenz ist offenbar zu grofs, als dafs man sie in Fällen vernachlässigen könnte wo man es überhaupt nur mit schwachen elektrischen Strömen zu thun hat, wie es z. B. beim Messen von Widerständen mittelst der Brücke oder einer andern Differential-Methode der Fall ist.

Benutzt man die Formel (5) für den Widerstand des Galvanometers in einer Wheatstone'schen Brücke, so hat man nur:

$$k = \frac{(a+d)(b+c)}{a+b+c+d} = \frac{a+d}{c+d} \cdot c$$

zu setzen, und man erhält:

$$g = \frac{a+d}{c+d} c \left\{1 - \sqrt[4]{\frac{a+d}{c+d}} \cdot cm^2\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (6).$$

In welcher Formel also jetzt der Einfluss der isolirenden Umhüllung des Drahtes berücksichtigt ist.

Ich will hier noch erwähnen, dafs wenn der aufserwesentliche Widerstand zwischen zu weiten Grenzen veränderlich ist, es besser seyn wird, den gegebenen Raum in zwei gleiche Theile zu theilen und einzeln vollzuwickeln, so dafs man vier Enden behält, wodurch man also in den Stand gesetzt wird, die beiden Windungssysteme entweder

hintereinander oder parallel geschaltet zu benutzen. Bezeichnet k' den mittleren aufserwesentlichen Widerstand zwischen zwei gegebenen höchsten Gränzen, k'' den mittleren Widerstand zwischen zwei gegebenen niedrigsten Gränzen, so hat man:

$$x + y = k'$$

$$\frac{yx}{x+y} = k'',$$

wo x und y die Widerstände der beiden Windungssysteme bedeuten, also

$$x = \frac{k'}{2} - \sqrt{\frac{k'^2}{4} - k'k''}$$

$$y = \frac{k'}{2} + \sqrt{\frac{k'^2}{4} - k'k''}$$

z. B. für die Brücken, wie sie jetzt gewöhnlich bei Kabelprüfungen angewendet werden, hat man in Folge der Formel (2)

$k' = 1009$ Siemens's Einheiten

und

$k'' = 109$ do. do.

also

$x = 124{,}4$

$y = 884{,}6$,

welche beiden Werthe, wenn nöthig, noch nach Gl. (3), resp. Formel (4), corrigirt werden mögen.

V. *Ueber den Einfluſs der Bewegung der Tonquelle auf die Tonhöhe; von W. Beetz.*

Der Versuch, die von mir im Februarheft dieser Annalen mitgetheilten Messungen über die Tonveränderung reflectirender Stimmgabeln mit dem Doppler'schen Gesetze in Einklang zu bringen, hatte mich zu dem Ergebnifs geführt, dafs sich die Beobachtungen den nach diesem Gesetze aus

geführten Rechnungen nicht im Entferntesten anschliefsen. Die beobachteten Intervalle sind stets viel zu grofs, um durch die Annäherung und Entfernung der Gabelzinken erklärt werden zu können.

Während sich meine oben erwähnte Notiz im Drucke befand, sind mir zwei Mittheilungen des Herrn Stefan[1]) zu Gesicht gekommen, welche die Tonveränderung mit periodisch wechselnder Intensität tönender Körper zum Gegenstande haben; zu diesen gehören rotirende Klangplatten, Glocken und Stimmgabeln. Ganz dieselbe Aufgabe hat schon früher Herr Radau[2]) behandelt und das Ergebnifs des Versuchs vorhergesagt, ohne jedoch denselben anzustellen. Das von beiden Physikern auf fast gleichem Wege erlangte Resultat ist, dafs sich ein jeder Ton von periodisch wachsender Intensität in zwei Wellenzüge zerlegen läfst, deren einer einen höheren, der andere einen niedrigeren Ton, als der Grundton war, repräsentirt. Herr Stefan hebt dabei hervor, dafs der höhere der beiden Töne der stärker hervortretende sey, und erklärt daraus, dafs mir der tiefere zuerst ganz entgangen war, ebenso, wie Savart an einer rotirenden Platte nur eine Tonerhöhung wahrgenommen hatte.

Herr Stefan hat seine Theorie durch Versuche an einer rotirenden Platte bestätigt. Ich stellte einen entsprechenden Versuch an, bei welchem die Töne durch den verstimmbaren Resonator analysirt wurden, dem ich jetzt eine Theilung gegeben habe. Der Versuch läfst sich am leichtesten und so, dafs er weithin hörbar wird, so anstellen: Eine quadratische Platte ist in ihrem Mittelpunkte horizontal auf der Rotationsmaschine befestigt. Nahe unter ihr befindet sich die Oeffnung des Resonators, der auf den Ton gestimmt ist, welchen die Platte geben würde, wenn sie mit zwei diagonalen Knotenlinien schwingt. Klopft man auf die Platte innerhalb eines der vier Sectoren mit einem weichen Korkhammer, so tönt sie laut und rein; dreht man

1) Wiener Sitzungsberichte LIII, 11. Mai und 2. Nov. 1866.
2) *Moniteur scientifique* 1865 *p.* 430.

jetzt die Platte, während man zu klopfen fortfährt, so hört man das Auf- und Niedersteigen des Tones; verstimmt man unterdefs den Resonator, so kann man jeden der Töne einzeln erhalten. Die Töne der Platte klingen so kräftiger als wenn man dieselbe streicht und austönen läfst, und das gleichzeitige Entstehen anderer Schwingungsarten stört nicht, weil die meisten viel zu hohe, und nur eine einen tieferen Ton giebt, welche alle vom Resonator nicht wiedergegeben werden. Ist die Zahl der doppelten Schwingungen der Platte $= n$, die Zahl der Umdrehungen in der Secunde $= q$, die der Perioden während einer Umdrehung $= p$, so sind die beiden Wellenzüge $n - pq$ und $n + pq$. Meine Platte gab ruhend den Ton $f_1 = 340$ Schwingungen, die Zahl der Perioden ist 2. Bei zwei Umdrehungsgeschwindigkeiten erhielt ich im Mittel aus je fünf Beobachtungen folgende Zahlen:

q	$n - pq$		$n + pq$	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
13	315	314	370	366
19,5	300	301	380	379

Diese Uebereinstimmung zwischen Versuch und Theorie liefs mich hoffen, dafs meine früher mitgetheilten Messungen an Stimmgabeln auch der Rechnung entsprechen würden. Für den tieferen Ton ist das in der That nahezu der Fall, der höhere aber ist in meinen Versuchen immer noch höher, als ihn die Theorie verlangt. Als Beispiel gebe ich hier meine früher an der a_1 Gabel angestellten Messungen, indem ich unter »gefunden« die Zahlen setze, welche den damals durch bloſse Schätzung gefundenen Tonstufen entsprechen. a_1 macht in der Ruhe 440 Doppelschwingungen.

q	$n - pq$		$n + pq$	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
6,5	427	427	462	453
13	415	414	492	466
19,5	393	402	506	478

Nur bei der gröfsten Drehungsgeschwindigkeit ist ein Unterschied zwischen dem gefundenen und dem berechneten Werthe des tieferen Tones wahrnehmbar. Die Ton-

erhöhung aber ist zu grofs, bei der gröfsten Geschwindigkeit um einen halben Ton zu grofs. Bei anderen Gabeln treten bei schneller Drehung noch gröfsere Abweichungen des höheren Tones auf: die c_1 Gabel (256 Schwingungen) soll z. B. bei 19,5 Umdrehungen den erhöhten Ton 295 geben, während meine Beobachtung 340 ergeben hatte. Ich hörte also den Ton fast um eine kleine Terz zu hoch. Diese Abweichungen werden aber sehr gering, wenn man dem Resonator eine kleine Oeffnung giebt. Läfst man die c_1 Gabel mit 19,5 Umdrehungen über meinem bisher angewandten Resonator, dessen Oeffnung 25^{mm} Durchmesser hat, tönen, so ist ihr oberer Ton, wie ich früher angegeben habe, f_1; deckt man aber den Resonator mit einer Platte, welche nur eine centrale Oeffnung von 5^{mm} Durchmesser hat, so hört man nur es_1. Aehnliche Reductionstönen fanden in allen übrigen Fällen statt. Ich finde ihre Erklärung darin, dafs in dem die Luft im Resonator anregenden zusammengesetzten Wellenzuge bei weiter Resonatoröffnung die Periode der vier Maxima oder Minima früher vollendet ist, als eine Umdrehung der Gabel. Würde der Wellenzug nur in einem Punkte in den Resonator eintreten, so würden Umdrehungszeit und Periode gleichzeitig verlaufen. Bei der tönenden Platte ist das von unmerklichem Einfluss, weil der Durchmesser auch der weiten Resonatoröffnung immer noch klein ist gegen die Peripherie des Kreises, in welchem sich die Punkte der Platte über die Oeffnung hin bewegen. Bei rotirenden Stimmgabeln zeigen auch die an dem neuhergerichteten Resonator abgelesenen Zahlen immer noch die Neigung, die berechnete Tonhöhe zu übertreffen. Während die tieferen Töne mit positiven und negativen Differenzen um die berechnete Tonhöhe schwanken. Es bleibt auffallend, dafs die Tonerhöhung nicht nur deutlicher, wie die Erniedrigung ist, sondern dafs auch, wenn beide Töne ganz klar gehört werden, die Erhöhung immer bedeutender erscheint, als die Erniedrigung. Die Theorie verlangt sogar das Umgekehrte, da $\frac{n}{n-pq} > \frac{p+pq}{n}$ ist.

Ich lasse hier die Beobachtungen folgen, welche an Stimmgabeln angestellt wurden, die um die horizontal gestellte Axe ihres Stieles rotiren. Es sind die früher beschriebenen Gabeln c_1, a_1 und c_2. Die Zahlen sind wieder die Mittel aus je fünf Beobachtungen. Die *as* Gabel habe ich fortgelassen, weil ihre Zinken soweit auseinander stehen, dafs sie im Resonator keinen coincidirenden Ton erregt. Aufserdem wandte ich noch eine grofse König'sche Gabel an, welche durch Laufgewichte von *H* bis *G* gestimmt werden konnte. Meine Resonatoren waren für diese Gabel nicht tief genug gestimmt, ich konnte aber mit bloſsem Ohre ihre Tonerhöhung scharf erkennen. Der tiefere Ton verschwand mir ganz in dem durch die Intermittenzen erzeugten Combinationston.

Gabel	n	q	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
c_1	256	6,5	245	243	270	269
		13	232	230	285	282
		19,5	215	217	301	295
a_1	440	6,5	431	427	455	453
		13	415	414	470	466
		19,5	400	401	484	479
c_2	512	6,5	500	499	525	525
		13	490	486	540	536
		19,5	575	473	560	551
Es	77	13			103 (As)	103
c	64	13			89 (Fis)	90

In meiner ersten Notiz[1]) habe ich angegeben, dafs ich mit bloſsem Ohre den Ton der a_1 Gabel bei 12 Umdrehungen um einen $\frac{3}{4}$, den der c_2 Gabel um einen halben Ton in die Höhe gehen höre. Diese Intervalle sind nach der gleichschwebenden Temperatur = 1,09 und 1,06. Die Rechnung ergiebt, ganz in Uebereinstimmung damit, 1,09 und 1,05.

Wenn nun die Töne rotirender Stimmgabeln (bis auf die erwähnte kleine Abweichung, die vorzugsweise bei hochgestimmten Gabeln eintritt) auf die Töne zurückge-

1) Diese Ann. Bd. CXXVIII, S. 491.

führt sind, welche Herr Stefan Interferenztöne, Herr Radau Variationstöne nennt, so könnte es scheinen, als seyen damit nicht zugleich diejenigen Tonveränderungen erklärt, welche an einer parallel mit sich selbst oder, wie bei Gabeln, die in ihrer eigenen Schwingungsebene rotiren, an einer nahezu parallel mit sich selbst über die Resonatoröffnung hinbewegten Gabel auftreten. Diese Veränderungen folgen aber ganz demselben Gesetze. Führt man die Gabel, deren Zinken horizontal neben einander liegen, parallel mit sich selbst über die Resonatoröffnung hin, so verschwindet der Ton fast ganz, wenn die Oeffnung in die Arme der Interferenzhyperbel eintritt. Ist die Entfernung der beiden Gabelstellungen diesseits und jenseits der Oeffnung, bei welcher dieses Tonminimum eintritt, $= m$ (welche Gröfse natürlich von der Höhe, in welcher man die Gabel über den Resonator hinführt, abhängig ist) so wird die Periode der Interferenzen, welche einer halben Gabeldrehung entspricht, in derselben Zeit vollendet seyn, in welcher die Gabel den Weg $2m$ zurücklegt. Ist die Geschwindigkeit der Gabel $= c$, die Zahl ihrer Doppelschwingungen $= n$, so macht die Gabel auf diesem Wege $\frac{2nm}{c}$ Schwingungen. Der dieser Schwingungszahl entsprechende Ton mufs dann zerlegt werden in die beiden Wellenzüge

$$\frac{2nm}{c} - 1 \text{ und } \frac{2nm}{c} + 1$$

und die Tonveränderungen erfolgen in den Intervallen

$$\frac{2nm}{2nm - c} \text{ und } \frac{2nm + c}{2nm}.$$

In dem früher von mir beschriebenen Versuch (10), welcher hierher gehört, wurde die a_1 Gabel mit der Geschwindigkeit 2261^{mm} über die Resonatoröffnung hingeführt. Eine Messung, bei welcher die Gabel etwa 1^{mm} über der Oeffnung stand, ergab $m = 10^{mm}$, n war $= 440$, also müfste die Tonvertiefung das Intervall 1,34, die Erhöhung 1,26 geben. In der That hatte ich für die tiefere Tonstufe die Quart 1,33 beobachtet, für die höhere aber wieder einen zu hohen Ton, nämlich die Quint. Auch jetzt

finde ich das Intervall so grofs, wenn ich den Versuch, wie früher, an der Drehbank anstelle. Indefs ist hierbei die Rotationsgeschwindigkeit keine constante, man bemerkt jedesmal den Impuls des Tretens, und wenn die Gabel nur mit der Geschwindigkeit 2933 statt 2261 am Resonator vorübergeht, so ergiebt die Rechnung schon das Gesammtintervall 2,0, welches ich zwischen dem höheren und tieferen Ton beobachtet hatte.

Ein anderer Versuch, bei dem die c_1 Gabel in einer horizontalen Ebene gleichmäfsig um die verticale Axe einer grofsen Schwungmaschine gedreht wurde, gab ein besser stimmendes Resultat. Ich wählte nur eine langsame Drehung, um das Anblasen des Resonators zu vermeiden. Der Abstand der Resonatoröffnung von der Drehaxe war 315^{mm}, bei einer Umdrehung in der Secunde war demnach $c = 1978^{mm}$; n war $= 256$, m wurde $= 19^{mm}$ gefunden. Die Tonerhöhung, die sich wegen des kurzen, dumpfen Erklingen des Resonators nicht so scharf messen läfst, wie die der um ihre Axe rotirenden Gabeln, betrug eine kleine Terz, die Erniedrigung eine grofse Terz, d. h. nach gleichschwebender Temperatur die Intervalle 1,189 und 1,260. Die Rechnung ergiebt 1,203 und 1,255. Dies ist der einzige Fall, in dem mir das tiefere Intervall gröfser erschien.

Somit ist auch diese Art der Tonveränderung mit der von Radau und Stefan aufgestellten Theorie im Einklange.

Ich bemerke noch, dafs nach demselben Principe sofort verständlich ist, warum der Ton rotirender Stimmgabeln auch durch die feste Leitung verändert erscheint. Da, wie ich in meiner letzten Notiz bemerkt habe, die Leitung von der Drehaxe in die Rotationsapparate in bestimmten Richtungen stets besser war, als in allen übrigen, so erhält das Ohr die Wellen ebenfalls in einer nach bestimmtem Rhythmus wechselnden Intensität, und zerlegt sie deshalb ebenfalls in zwei Züge, welche Tönen verschiedener Höhe entsprechen.

Ich benutze diese Gelegenheit, um noch einige Bemerkungen hinzuzufügen, welche mir bei Verfolgung des Doppler'schen Phänomens aufgefallen sind.

Ein Blick auf die von Seebeck[1]) zusammengestellten Gröfsen der Tonveränderung bei Bewegung der Tonquelle in Sechszehnteltönen ausgedrückt, zeigt, dafs das Tieferwerden immer mehr beträgt, als die Erhöhung. Aber die Erhöhung beträgt hier $\frac{\gamma}{\gamma - k}$, die Erniedrigung $\frac{\gamma + k}{\gamma}$, also mufs die Erhöhung die Vertiefung übertreffen. Seebeck hat hierbei die von Buys-Ballot[2]) mitgetheilten Schwingungszahlen benutzt, die aber statt nach der Formel

$$n^1 = n \cdot \frac{\gamma}{\gamma \pm k}$$

nach der für die Bewegung des Beobachters geltenden Formel

$$n^1 = n \cdot \frac{\gamma \mp k}{\gamma}$$

berechnet sind. Auf die absoluten Gröfsen der Schwingungszahlen hat dies einen äufserst geringen Einfluſs, denn während

$$\frac{\gamma \mp k}{\gamma} = 1 \mp \frac{k}{\gamma}$$

ist, ist

$$\frac{\gamma}{\gamma \pm k} = 1 \mp \frac{k}{\gamma} + \frac{k^2}{\gamma^2} \mp \frac{k^3}{\gamma^3} +$$

Es sind also nur die höheren Potenzen von $\frac{k}{\gamma}$ vernachlässigt. In Bezug auf das relative Verhältnifs der Erhöhung und Erniedrigung aber, welches auch bei den obigen Versuchen wieder in Frage kommt, ist es nothwendig, diese Verwechselung zu vermeiden.

Den von Herrn Mach[3]) beschriebenen Versuch, bei welchem sich der Ton einer im Kreise geschwungenen Schnarrpfeife erhöht und vertieft, habe ich wiederholt, und

1) Repertorium VIII. Akustik S. 89.*
2) Diese Ann. Bd. LXVI, S. 333.*
3) Diese Ann. Bd. CXII, S. 66.*

ebenfalls die Tonveränderung, soweit ich sie mit dem Ohre unterscheiden konnte, dem Doppler'schen Principe entsprechend gefunden. Als eine kleine gedackte Labialpfeife, welche a_4 angab, in ähnlicher Weise auf der Centrifugalmaschine herumgeschleudert wurde, so dafs ihre Axe einen Cylindermantel um die Drehaxe beschrieb, wurde die Tonveränderung durch eine andere ganz verdeckt. Der Ton der Pfeife geht nämlich hinunter, wenn die Pfeife so aufgestellt ist, dafs ihr Aufschnitt nach der Seite hin gerichtet ist, nach welcher die Pfeife in ihrer Rotation vorschreitet, er geht hinauf, wenn der Aufschnitt von dieser Seite abgewandt ist. Im ersten Falle wirkt nämlich auf die Pfeife nur die Differenz des aus dem Blasebalg kommenden und des durch den Luftwiderstand bei der Rotation erzeugten Druckes, im Zweiten die Summe beider. Die Pfeife tönt also das eine Mal, wie wenn man sie schwach, das andere Mal, wie wenn man sie stark anbläst. Stellt man den Aufschnitt dem Rotationscentrum zu oder gerade von ihm abgewandt, so wird der Ton unklar, und versagt gewöhnlich ganz. Wird die Pfeife von einem Rohr umgeben, welches am Fufse geschlossen ist, so gelingt der Versuch ganz ebenso, wie mit der Zungenpfeife, weil der Luftwiderstand keinen Einfluſs mehr auf den aus der Kernspalte kommenden Luftstrom äufsern kann. Der Ton, den man jetzt hört, ist übrigens gar nicht mehr der Ton der Labialpfeife, er ist je nach Wahl des schützenden Rohres bald etwas höher bald eben so hoch, bald etwas tiefer, als jener und ist derjenige von den Tönen, deren das Rohr selbst fähig ist, welcher dem Pfeifentone am nächsten liegt. Dies wurde an zwei kleinen Pfeifen (c_4 und e_4) nachgewiesen.

Die Pfeifen wurden nach und nach mit verschieden langen, unten geschlossenen Glasröhren umgeben. Steckt eine Pfeife in einer Röhre, und man versucht diese durch Blasen über ihr offenes Ende zum Tönen zu bringen, so hört man nur einen sehr schwachen, aber doch erkennbaren Ton, der höher ist, wie wenn die Pfeife nicht im Rohre steckte. Derselbe ist unten mit l bezeichnet. Wird nun

die Pfeife angeblasen, so ertönen solche Obertöne des Rohrs, welche in den verschiedenen an der Kernspalte entstehenden Geräuschen eine Anregung finden. Sie sind unten in den der Ordnungszahl der Obertöne entsprechenden Spalten aufgeführt. Der erste entsteht durch leises Anhauchen (in der ersten Beobachtungsreihe tönt hier der Grundton selbst) der zweite durch stärkeres Blasen, der dritte, in einem Falle auch der vierte, durch Ueberblasen.

Pfeife	Länge der Röhre	Obertöne 1	2	3	4	5	6	7	8
c^4	130mm	g_2	g_2	d_4					
	201	es_2	es_3	b_3	g_4				
	262	h_1^-		fis_3^-	h_3^-	dis_4^-			
	391	as_1			as_3	c_4	es_4		
e^4	130	a_2	a_3	e_4	a_4				
	201	f_2		c_4	f_4	a_4			
	262	c_2			c_4	e_4	g_4		
	391	a_1				cis_4	e_4	g_4^-	a_4

Der dem Grundton der Pfeife zunächst liegende dieser Töne klingt jedesmal am klarsten, also bei der c_4 Pfeife in den vier Fällen: d_4, b_3, h_3^-, c_4; und bei der e_4 Pfeife: e_4, f_4, e_4 und e_4.

Auch an einer Stimmgabel habe ich die Tonänderung beim Nähern und Entfernen sehr gut beobachten können, indem ich dieselbe in den Rand einer grofsen auf der Centrifugalmaschine rotirenden Holzscheibe in radialer Richtung einschraubte. Hierdurch ist das Sausen, das ein einzelner schwingender Arm verursacht, vermieden, und man hört die Tonschwankungen wie bei den Pfeifen.

Erlangen, im März 1867.

VI. *Ueber die am Quarze vorkommenden sechs Gesetze regelmäfsiger Verwachsung mit gekreuzten Hauptaxen; von Gustav Jenzsch.*

Wenn sich zwischen zwei oder mehreren zusammengewachsenen Krystallen eine krystallonomische Gesetzmäfsigkeit ihres Zusammengewachsenseyns nachweisen läfst, so kann man mit Recht sagen, dafs diese Krystalle einem Gesetze regelmäfsiger Verwachsung folgen. Bei Charakterisirung der hier angeführten Gesetze habe ich von den nach der herkömmlichen Anschauungsweise der Zwillingsbildung unvermeidlichen Zwillingsflächen Abstand genommen, und hoffe, dafs dieses Abweichen von einer eingebürgerten Gewohnheit seine Rechtfertigung finde: in der sich in der Natur häufig kundgebenden Nichtexistenz solch' gedachter, oft nur theoretisch construirter Flächen, für die sich zuweilen sogar nicht einmal rationelle Ausdrücke berechnen lassen.

In nachfolgenden Blättern werde ich die am Quarze ganz unzweifelhaft vorkommenden Gesetze regelmäfsiger Verwachsung mit gekreuzten Hauptaxen in der Kürze besprechen und die einfachen krystallonomischen Beziehungen, welche zwischen ihnen bestehen, andeuten. Das in dem Sitzungsprotokolle der deutschen geologischen Gesellschaft vom 6. Februar 1861 (Zeitschrift der deutsch. geol. Gesellschaft. Bd. XIII, S. 139) erwähnte Zwillingsgesetz, auf welches Herr H. Wedding aufmerksam machte und bei welchem die Zwillingsebene $3P$ und daher der Winkel der Hauptaxen 29° 24′ seyn würde, blieb hier unberücksichtigt, da für dasselbe nur ein rauhes, zur Messung wenig geeignetes Exemplar spricht; auch bemerkt Herr G. Rose a. a. O., dafs, bevor dieser Fall als Gesetz hingestellt werde, er einer Bestätigung an glattflächigeren Krystallen bedürfe.

Der speciellen Beschreibung der hier abgehandelten

sechs Gesetze sey nur noch die Bemerkung vorausgeschickt, dafs ich unter der *Ebene der Hauptaxen* eine Ebene verstehe, in welcher die Hauptaxen beider, einem Zwillinge zugehörigen, gekreuzten Krystalle liegen. Dieser Ebene der Hauptaxen entspricht bei sämmtlichen Figuren die Projectionsebene der Zeichnung. Die auf der Kupfertafel neben den Figuren angebrachten kleinen Striche sollen das Aufsuchen des bestehenden Parallelismus, sowohl zwischen den bezüglichen Flächen, als auch zwischen den betreffenden Kanten erleichtern. Auch wurde bei den Figuren entweder unmittelbar oder dicht neben denselben der Winkel der sich kreuzenden Hauptaxen der beiden miteinander verwachsenen Krystalle in Zahlen angegeben.

I^tes (Zinnwalder) Gesetz.

Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prisma a, und je zwei Dihexaëder-Flächen mit einander parallel.

Jedermann kennt die weifs überrindeten, häufig geborstenen Rauchquarzkrystalle von Zinnwald, die von Aufsen, ebenso wie auf ihren Bruchflächen mit zahlreichen parallel angeordneten Quarzkryställchen überdrust sind.

Ich besitze ein dergleichen etwa 15^cm langes, schmales oberflächlich schmutzig-rothbraun und ockergelb überzogenes Bruchstück, welches zum Theil mit Scheelspath bedeckt ist, und an welchem von den Krystallflächen des ursprünglichen grofsen Rauchquarzkrystalles, noch zwei Flächen der gewöhnlichen Quarzsäule vertreten sind.

An diesem unscheinbaren Stücke sind namentlich die beiden ursprünglichen Flächen des weifs überrindeten Rauchquarzkrystalles mit zahlreichen parallel der krystallographischen Hauptaxe des Stammkrystalles angeordneten Quarzkryställchen besetzt. Letztere sind immer flachgedrückt und langsäulenförmig. Da sie jedoch bald etwas dicker, bald etwas dünner sind, so sieht man längs des ganzen Stückes hin zahlreiche kleine, sowohl dem oberen als dem unteren Pole angehörende Dihexaëder-Flächen.

Mitten auf der gröfseren der beiden Säulenflächen des vorliegenden Handstückes ragt nur ein einzelner Quarzkrystall in widersinniger Richtung dergestalt hervor, dafs seine gröfst ausgedehnte DihexaëderFläche [1]) mit den der gröfseren der beiden ursprünglichen Rauchquarzflächen parallel liegenden Flächen der sie ganz überdeckenden, zahlreichen kleinen Quarzkrystalle zusammenspiegelt.

Die Fläche des hexagonalen Prismas *b*, (∞P, Naumann's), auf welcher die erwähnte gröfst' ausgedehnte Dihexaëder-Fläche des hervorragenden Krystalles gerad aufgesetzt ist, liegt mit den kleinen Dihexaëder-Flächen, welche auf die der gröfseren Säulenfläche des ursprünglichen Rauchquarzkrystalles parallel liegenden hexagon-prismatischen Flächen gerad aufgesetzt sind, parallel.

Die zum I^ten^ Gesetze gehörige Figur stellt in idealer Weise das am Zinnwalder Quarze beobachtete Gesetz dar. Bei diesem I^ten^, ebenso wie bei allen übrigen auf der zugehörigen Figurentafel (Taf. IX) zur Darstellung gebrachten Gesetze regelmäfsiger Verwachsung habe ich der leichteren Uebersichtlichkeit wegen die beiden mit einander zu Zwillingen verbundenen Krystalle langsäulenförmig, ringsum ausgebildet und einander gegenseitig durchdringend dargestellt.

Beim Entwerfen der Figuren I, II, V und VI wurde absichtlich die rhomboëdrische Bauweise des Quarzes unberücksichtigt gelassen und die Krystallpole einfach als Dihexaëder gezeichnet. Die Ebene, in welcher die Hauptaxe beider, dem in der das I^te^ Gesetz repräsentirenden Figur dargestellten Zwillinge zugehörenden gekreuzten Krystalle liegen, ist parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas *a*, und je zwei Dihexaëder-Flächen sind mit einander parallel.

Die Winkel der einander kreuzenden Hauptaxen betragen

38° 13′ und 141° 47′.

Der spitze Winkel der Hauptaxen der beiden Krystalle entspricht daher dem Neigungswinkel einer Fläche des

1) oder auch: Fläche des Hauptrhomboëders.

Quarz-Dihexaëders gegen die Hauptaxe. Je zwei Dihexaëder-Flächen und je zwei Flächen der gewöhnlichen Quarzsäule *b* (∞*P* Naumann's) gehören einer Zone an, deren Zonenlinie der Combinationskante einer Fläche des hexagonalen Prismas *b* und der auf sie gerad aufgesetzten Dihexaëder-Fläche parallel ist.

IIter (Reichensteiner) Gesetz. [G. Rose.]

Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas a, und je zwei Dihexaëder-Flächen[1] *mit einander parallel.*

Herr G. Rose beschrieb im Jahre 1851 (Poggendorffs Annalen, Bd. LXXXIII, Seite 461 sq.) ein neues von ihm auf einer Quarzdruse aus dem Serpentin von Reichenstein in Schlesien aufgefundenes Zwillingsgesetz und charakterisirt dasselbe wie folgt:

»Die Zwillingsebene ist eine Hauptrhomboëderfläche; »die Krystalle sind aber nicht mit dieser, sondern mit »einer darauf senkrechten Fläche verbunden.«

Auf die weiteren Gruppirungsverhältnisse solcher Zwillinge gehe ich hier nicht ein und verweise auf Herrn Dr. Eck's Abhandlung über die Reichensteiner Quarzzwillinge (Geol. Zeitsch. Berlin, 1866. Bd. XVIII, S. 426 sq.)

Für je zwei mit einander verwachsene Krystalle behält das G. Rose'sche Gesetz seine volle Gültigkeit.

Auch dürfte, da bereits die Herren Q. Sella[2]) und Dauber[3]) auf einen seiner Zeit gemachten Angriff erschöpfend geantwortet haben, die in Naumann's Elementen der Mineralogie, 6. Aufl. 1864, S. 190 befindliche und der Beschreibung des G. Rose'schen Gesetzes: »Zwillingsebene eine Fläche von *R*«, in Klammern beigefügte, jedoch nicht näher begründete Bemerkung: »(oder auch von $-\frac{5}{6}R$)«[4])

1) oder auch: je zwei Hauptrhomboëder-Flächen.

2) *Quadro delle forme cristalline dell' argento rosso, del quarzo e del calcare*, 1856, *pag* 70 – 71.

3) Pogg. Ann. 1858, Bd. CIII, S. 116.

4) ($-\frac{1}{5}R$ [von Leonhard u. Bronn N. Jahrb. 1854, S. 309].)

unzweifelhaft nur der *literar-historischen* Vollständigkeit wegen ihre dortige Aufnahme gefunden haben.

Durch die Güte des Herrn Geheimen Regierungsrath Rose gelangte ich in den Besitz eines Exemplares des Reichensteiner Vorkommens. An den daran befindlichen Zwillingen erscheinen die zusammenspiegelnden Dihexaëder (Rhomboëder-) Flächen und die mit ihnen in einer Zone liegenden Flächen der Quarzsäule ganz aufserordentlich in die Breite gezogen, und das gezahnte Aussehen der Krystallpole läfst keinen Zweifel, dafs diese breiten Zwillingskrystalle immer aus mehreren untereinander parallelen, längs der Zwillingszonenlinie reihenförmig aneinander gelagerten Zwillingen bestehen. Die Aneinanderreihung dieser Zwillinge erfolgt demnach in einer zur Ebene der Hauptaxen rechtwinkeligen Richtung.

In der zum IIten Gesetz (Gesetz von G. Rose) gehörigen Figur, Taf. IX, liegt die Projectionsebene der Zeichnung einer Fläche des die gewöhnliche Quarzsäule *b* gerad abstumpfenden hexagonalen Prismas *a* parallel. Aus dieser Figur wird ersichtlich, dafs in ähnlicher Weise wie bei dem Isten (dem Zinnwalder) Gesetze, je zwei Dihexaëder-Flächen und je zwei Flächen der gewöhnlichen Quarzsäule einer Zone angehören, deren Zonenlinie der Combinationskante einer Fläche des hexagonalen Prismas *b* und der auf sie gerad aufgesetzten Dihexaëder-Fläche parallel ist.

Da in der zum IIten Gesetz gehörigen Figur je zwei Dihexaëder- (Rhomboëder-) Flächen in einer Ebene liegen, so entspricht der Winkel der einander kreuzenden Hauptaxen dem Complementswinkel der doppelten Neigung einer Dihexaëder-Fläche gegen die Hauptaxe, ist also bei Zugrundelegung der Kuppfer'schen Messungen

103° 34'.

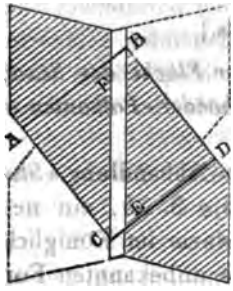
Der von den einander kreuzenden Hauptaxen der beiden Quarzkrystalle eingeschlossene spitze Winkel beträgt dagegen

76° 26'

und entspricht daher dem doppelten Neigungswinkel einer

Dihexaëder- (Rhomboëder-) Fläche gegen die Hauptaxe. Der spitze Winkel der einander kreuzenden Hauptaxe ist also beim vorliegenden II^ten^ Gesetze gerade *doppelt so grofs*, als bei dem I^sten^ Gesetze.

Obgleich nun das G. Rose'sche Gesetz mit Evidenz bis jetzt nur von Reichenstein in Schlesien bekannt ist, so zweifle ich durchaus nicht, dafs dasselbe doch vielleicht öfters vorkomme. Denkt man sich den, in der zum II^ten^ Gesetz gehörigen Figur rechts liegenden Krystall zu einer dünnen Lamelle zusammengedrückt, wie es der nebenstehende Holzschnitt (ein durch den Zwillingskrystall gelegter Hauptschnitt) zeigt, so müfste sich eine daraus geschnittene Platte *ABCD* ähnlich verhalten wie eine rechtwinkelig zur Axe geschnittene Platte Isländischen Doppelspathes mit einer eingelagerten Zwillingslamelle und demnach unter dem Polarisationsmikroskope eine ähnliche Erscheinung zeigen, wie solche aus Herren Dove's künstlichen Calcitzwillingsplatten, bei denen ein Glimmerblättchen eingeschaltet wurde, allgemein bekannt ist. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs die von Herrn Dove in Poggendorff's Annalen 1837, Bd. XL, S. 619 und Farbenlehre S. 257 beschriebene merkwürdige Quarzplatte, welche unter dem Polarisationsmikroskope ein derartiges Verhalten zeigte, hierher zu rechnen sey. Als ich nach Anleitung des beigedruckten Holzschnittes in der, dem zusammengedrückt gedachten Krystalle entsprechenden Richtung ein ganz dünnes parallel zu einer Dihexaëder-Fläche geschliffenes Quarzplättchen *FBEC* zwischen zwei in der Figur als Dreiecke: *ACF* und *BED* erscheinende Quarzkeile einschaltete, so erhielt ich die von Herrn Dove beschriebene Erscheinung zwar nicht ganz rein, aber immerhin ziemlich deutlich. Besser glückte mir der Versuch bei Einschaltung eines Glimmerblättchens, dem man durch vorsichtiges Ab-



spalten leichter die zum Gelingen erforderliche Dicke geben kann. Der im mehrbesprochenen Holzschnitte abgebildete Fall liefse sich unter Umständen zwar, wollte man der vielfach üblich gewordenen Auffassungsweise der Zwillingsbildung folgen, durch das Gesetz: »Drehungsaxe normal auf einer Dihexaëder-Fläche, Drehungswinkel = 180°« deuten; für alle Fälle bleibt aber dennoch gültig das oben aufgestellte Gesetz: Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas *a* und je zwei Dihexaëder-Flächen mit einander parallel.

III^tes^ Gesetz. [Q. Sella.]

Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas a, und je zwei Rhomboëder-Polkanten mit einander parallel.

Herr Q. Sella beschrieb in seiner Abhandlung »*Studii sulla mineralogia Sarda, Torino* 1856,« S. 35, ein neues Quarzzwillingsgesetz, welches er an einem im Königlichen Museum zu Turin befindlichen Stücke unbekannten Fundortes beobachtet hatte. Zur Erläuterung dieses Gesetzes gebe ich die in der Ebene des hexagonalen Prismas *a* liegende ideale Projection zweier einander durchdringenden Quarzkrystalle. (Figur zu Gesetz III Taf. IX.)

Die Winkel der einander kreuzenden Hauptaxen betragen

64° 50′ und 115° 10′

und es entspricht demnach der *stumpfe* Winkel derselben dem doppelten Neigungswinkel einer Polkante eines Quarz-Rhomboëders [beziehentlich einer Fläche des ersten stumpferen Rhomboëders [1]) (— $\frac{1}{2}R$ Naumann's)] gegen die

1) Bei hexagonaler Deutung entspricht diese Fläche einer Fläche der hexagonalen Pyramide $\frac{1}{2}P'$, welche letztere man bekanntlich erhält durch Abstumpfung der Polkanten der hexagonalen Pyramide $\frac{1}{2}P2$, einer Gestalt, die durch Herrn Websky's wichtige Arbeit (Geol. Zeitschr. Berlin 1865, Seite 348 sq.) für den Quarz von so hohem Interesse geworden ist.

Hauptaxe. Da dieses Gesetz in der That einen guten Beweis für die rhomboëdrische Bauweise der Quarzkrystalle abgiebt, so wurde auch in der Figur der rhomboëdrischen Ausbildung der Krystallpole Rechnung getragen.

Aus der Zeichnung erkennt man leicht, dafs die in der Projectionsebene liegenden Polkanten der Hauptrhomboëder beider Krystalle in eine gerade Linie zusammenfallen, mit welcher sich die Zwillingszonenlinie der betreffenden zu vier Spiegelebenen vereinigten acht Hauptrhomboëderflächen in Parallelismus befindet. In der Figur spiegeln die rechts liegenden, ebenso wie auch die links liegenden beiden Hauptrhomboëderflächen zusammen.

Die noch übrigen vier (in der Figur als Linien erscheinenden) Hauptrhomboëderflächen liegen ihrerseits mit den Säulenflächen, auf welche sie gerad aufgesetzt sind, auch in einer Zwillings-Zone. Die Zwillings-Zonenlinie dieser ist, analog dem I^{sten} und II^{ten} Gesetze, der zur Projectionsebene der Figur rechtwinkeligen Combinationskante einer Hauptrhomboëderfläche mit einer Fläche des hexagonalen Prismas *b*, auf welches sie gerad aufgesetzt ist, parallel.

Die Ebene beider Zwillings-Zonenlinien steht winkelrecht auf der Ebene der Hauptaxen und entspricht einer Fläche des Rhomboëders $-\frac{1}{2}R$.

IV^{tes} Gesetz. [C. S. Weifs.]

Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas b, und je zwei Flächen des Hauptrhomboëders miteinander parallel.

Herr C. S. Weifs beschrieb 1829 in den Abhandlungen der Berliner Akademie vorstehend genanntes Gesetz an einem Quarzzwillinge aus dem Dauphiné. Beide miteinander verwachsene Krystalle haben als Grenzebene gemeinschaftlich eine Fläche des ersten stumpferen Dihexaëders, d. i. eine gerade Abstumpfungsfläche der Endkanten des gewöhnlichen Dihexaëders, und die Axen beider Krystalle liegen gegen diese gemeinsame Ebene umgekehrt.

Dasselbe Gesetz wurde später auch von den Herren Brooke[1]) und Dufrénoy[2]) beschrieben und ist jetzt in jedem Lehrbuche der Mineralogie zu finden. Vor 12 Jahren berichtete ich[3]) über neue Fundorte solcher herzförmiger Quarzwillingskrystalle, beschrieb die von mir auf Arsenkies von Munzig bei Meifsen (Sachsen) angetroffenen und erwähnte, dafs dergleichen Zwillinge von Herrn Brücke in Schreibershau (Schlesien) und von Herrn Huyssen zu Hasley in Westphalen beobachtet worden sind. Fast gleichzeitig und von einander unabhängig haben die Herren Q. Sella[4]) und Des Cloizeaux[5]) dergleichen Zwillinge eingehend besprochen, aber auch darauf aufmerksam gemacht, dafs die beiden zu einem Zwilling vereinigten Krystalle mit Rücksicht auf die Lage der *P* und *z* Flächen, bald gleichartig, bald ungleichartig orientirt sind, und damit dargethan, dafs, wenn man die rhomboëdrische Anordnung im Baue der Quarzkrystalle beachtet, beide Fälle nicht auf ein gemeinsames Gesetz der Hemitropie zurückgeführt werden können.

Um das ursprüngliche Gesetz von Weifs aufrecht zu erhalten, habe ich für dasselbe die in der Ueberschrift zu diesem Abschnitte gebrauchte Formulirung gewählt, wenngleich ich mir durchaus nicht verhehle, dafs dasselbe eigent-

1) *The London and Edinburgh phil. Mag. by Brewster* X. 1837, *p.* 369. *Phillips Mineralogy by Brooke and Miller, London* 1852.

2) *Dufrénoy, Traité de Minéralogie.*

3) Zeitschrift d. deutschen geologischen Gesellschaft, Jahrg. 1854, S. 245 sq. (wo auf Seite 246 bei der oberen Figur im liegenden Krystalle das *r* zu streichen ist.)

4) 1. *Gazzetta Piemontese del* 12. *Juglio* 1855.
2. *Studii sulla mineralogia sarda, Estr. delle Memorie della R. Academia delle scienze di Torino, serie II, tom. XVII, Torino*, 1856.
3. *Quadro delle forme cristalline dell' Argento Rosso, del Quarzo e del calcare. Torino* 1856.

5) *Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du Quartz, Paris* 1855, *p.* 131 *sq.*

lich nur ein specieller Fall des in nächstfolgendem Abschnitte erläuterten V^ten^ Gesetzes ist. Zu den dem IV^ten^ Gesetze, dem Gesetze von C. S. Weifs zuzurechnenden Quarzzwillingen gehört der von Herrn Weifs a. a. O. beschriebene und abgebildete, aus einem links und einem rechts drehenden Krystalle bestehende Zwilling aus dem Dauphiné, der von Herrn Des Cloizeaux in seiner classischen Monographie des Quarzes auf Taf. II, Fig. 68, abgebildete, im Besitz des Herrn Brooke befindliche, aus zwei links drehenden Krystallen gebildete Zwilling *de la Gardette en Dauphiné* und der von Herrn von Kokscharoff in seinen Vorlesungen über Mineralogie, Petersburg 1865, Seite 301, abgebildete und im Britischen Museum zu London aufbewahrte, wahrscheinlich auch aus dem Dauphiné stammende Quarz-Zwilling.

Die zu dem IV^ten^ Gesetze gehörige Figur giebt ein schematisches Bild des Weifs'schen Gesetzes. Die Hauptaxen zweier sich gegenseitig durchdringenden Krystalle kreuzen einander unter Winkeln von

84° 34',

entsprechend dem doppelten Neigungswinkel der Combinationskante einer Hauptrhomboëderfläche mit einer Nebenrhomboëderfläche zur Hauptaxe.

Der Complementswinkel davon, oder mit Worten: der stumpfe Winkel, unter welchem in der zum IV. Gesetze gehörigen Figur die Hauptaxen einander schneiden, beträgt dagegen

95° 26'.

Ihm gegenüber liegen je zwei in eine gerade Linie zusammenfallende Combinationskanten einer Fläche des Hauptrhomboëders und einer Fläche des Nebenrhomboëders. Es bilden daher die bezüglichen Kantenflächen mit den der Projectionsebene parallelen prismatischen Flächen eine Zone, deren Zonenlinie selbstredend den in der Hauptaxen-Ebene liegenden Combinationskanten des Haupt- und des Neben-Rhomboëders parallel ist.

V^tes Gesetz. [Des Cloizeaux-Sella.]

Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas b, und je zwei Dihexaëder-Polkanten[1]) *mit einander parallel.*

Wenn an einem Zwillinge die *P* und *s* Flächen der beiden miteinander verbundenen Krystalle ungleichartig orientirt sind, wie dies z. B. an dem in Figur 69 des *Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du Quartz, par M. Des Cloizeaux, Paris* 1855, abgebildeten Dauphiné'er Zwilling und an den von Herrn Q. Sella in seiner Abhandlung: *Studii sulla mineralogia sarda, Torino* 1856 auf Taf. VI, Fig. 51 bis 54 gezeichneten Quarzzwillingen von Traversella der Fall ist und für alle Fälle, wo man nicht mit Sicherheit die *P* und *s* Flächen von einander zu unterscheiden vermag, kann füglich das im vorhergehenden Abschnitte beschriebene IV^te Gesetz Anwendung nicht finden

Es ist nöthig, ein allgemeiner gehaltenes Gesetz aufzustellen, welches für alle Fälle Geltung hat, und in welchem daher eigentlich auch das oben abgehandelte IV^te Gesetz mit inbegriffen ist.

Damit nun das Gesetz für alle Fälle gelte, mögen

P Flächen mit *P* Flächen, oder
s » » *s* » oder
P » » *s* » miteinander verwachsen, oder mögen sonstwie nur immer beide Krystalle aneinander, übereinander oder durcheinander gewachsen seyn, so formulire ich dasselbe: Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas *b*, und je zwei Dihexaëder-Polkanten mit einander parallel.

Aus dieser Fassung ersieht man schon auf den ersten Blick die grofse Analogie, welche zwischen diesem und dem II^ten Gesetze, dem Gesetze von G. Rose, besteht. Während nun im II^ten Gesetze, wie man weifs, die Ebene, in welcher beide gekreuzten Krystalle liegen, parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas *a* ist, und der spitze Winkel der einander kreuzenden Hauptaxen beider Krystalle dem

1) oder auch: je vier Dihexaëder-Flächen.

doppelten Neigungswinkel einer Fläche des Quarz-Dihexaëders gegen die Hauptaxe entspricht, ist er in vorliegendem V^ten^ Gesetze, dem Gesetze von Des-Cloizeaux-Sella, wo die gemeinsame Hauptaxen-Ebene beider Krystalle parallel dem hexagonalen Prisma *b* [d. i. der gewöhnlichen Quarzsäule] liegt, gleich dem doppelten Neigungswinkel einer Polkante des Quarz-Dihexaëders zur Hauptaxe und beträgt bei Zugrundelegung der Kuppfer'schen Messungen

84° 34′;

der stumpfe Winkel ist

95° 26′.

Bei Vergleichen der zu den Gesetzen V und II gehörigen Figuren sieht man, während in letzterer die dem stumpfen Winkel gegenüber liegenden Dihexaëder-Flächen *in einer Ebene* liegen und daher zusammenspiegeln, bei ersterer die dem stumpfen Winkel gegenüber liegenden Dihexaëder-Polkanten der beiden mit einander verwachsenen Quarzkrystalle in der gemeinsamen Projectionsebene *in eine gerade Linie* zusammenfallen.

Die Kantenflächen dieser Polkanten, also acht Dihexaëder-Flächen, liegen selbstverständlich mit den der Projectionsebene parallelen prismatischen Flächen in einer Zone.

Vor einiger Zeit acquirirte ich in der Königlichen Mineralien-Niederlage zu Freiberg einige kleine Gruppen von Quarzkrystallen mit Antimonglanz, von denen Herr Factor Wappler vermuthete, dafs sie von Wolfsberg im Harz stammen. Charakteristisch für diese Krystalle ist, dafs fast sämmtliche Kanten durch eingeschlossene filzig zusammengehäufte sehr zarte Antimonglanznadeln dunkel gefärbt erscheinen, und dafs sämmtliche Flächen derselben einen eigenthümlichen metallisirenden Glasglanz zeigen. Die nicht sonderlich glatten Dihexaëder-Flächen erreichen mehr oder weniger eine gleiche Ausdehnung, die prismatischen *b* Flächen sind stark gestreift, und von Rhomben- und Trapezflächen ist nichts zu bemerken. Die Krystalle sind klein, erscheinen öfters bis auf die Anwachsungsstellen ringsum ausge-

bildet, finden sich aber stets zu Gruppen zusammengehäuft. Als ich sie neulich wieder besichtigte, wurde ich überrascht, dafs an einer solchen kleinen Gruppe das Vte Gesetz in sehr instructiver Weise auftritt. Um eine Vorstellung von dem besprochenen Stücke zu erlangen, braucht man blos die zum Gesetz V gehörige Figur zu betrachten und anzunehmen, dafs die gezeichneten vier Krystallpole vier Krystallen [anstatt der gezeichneten zwei einander gegenseitig durchdringenden] angehören. Das betreffende Exemplar ist etwa 10 Mal kleiner als die Figur.

Dieses neue Vorkommen eines immerhin etwas seltenen Gesetzes hat insofern auch noch ein besonderes Interesse, da die hier zusammengewachsenen Krystalle *nicht breitgedrückt* erscheinen. Bekanntlich beobachtete man an den meisten derartigen dem V^ten^ und dem IV^ten^ Gesetze zuzurechnenden Zwillingen eine, wie bereits Herr Des Cloizeaux angeführt hat, durch wiederholte Nebeneinanderwachsung mehrerer Krystalle bedingtes Breitgedrückterscheinen der Zwillinge in der gemeinsamen Ebene, in welcher die zusammengewachsenen Krystalle liegen. Ich erinnere an die a. a. O. von den Herren Weifs, Des Cloizeaux, Q. Sella und von Kokscharoff gegebenen Beschreibungen und Abbildungen der regelmäfsigen Verwachsungen von Quarzkrystallen aus dem Dauphiné und von Traversella, sowie an meine Quarzzwillinge von Munzig, deren neueste Beschreibung Herr Scharff in seiner Abhandlung über den Zwillingsbau des Quarzes [1]) gab.

Während bei dem II^ten^, dem G. Rose'schen Gesetze, in die Breite gezogene Krystalle zu Zwillingen vereinigt sind, hat man bei dem IV^ten^ und V^ten^, dem Weifs'schen und Des Cloizeaux-Sella'schen Gesetze, breitgedrückte Zwillinge. Im II^ten^ Gesetze erklärt sich dies durch Aneinanderreihungen mehrerer Zwillinge in einer zu der Ebene ihrer einander kreuzenden Hauptaxen rechtwinkeligen Richtung; wogegen im IV^ten^ und V^ten^ Gesetze die Aneinanderreihung der

1) v. Leonhard und Geinitz, N. Jahrb. 1864, Seite 532.

einzelnen zwillingsartig verwachsenen Krystalle in der ihrer Ebene einander kreuzenden Hauptaxen stattfindet.

VI^tes (Zwickauer) Gesetz.

Ebene der Hauptaxen parallel einer Fläche des hexagonalen Prismas b, und zwei Dihexaëder-Polkanten des einen, mit zwei Kanten des hexagonalen Prismas b des andern Krystalles parallel.

Die von Herrn A. Breithaupt in seinem vollständigen Handbuche der Mineralogie, Band 3, Seite 666 gegebene Notiz: »Noch giebt man ein anderes Gesetz an, Drehungsaxe senkrecht auf $\frac{3}{2}R^1$, Drehungswinkel = 180°« steht sehr isolirt da, und in keiner Mineralogie fand ich etwas Näheres über dieses Zwillingsgesetz, bei welchem die Rhomben-Fläche *s* ($\frac{3}{2}R'$ Breithaupt's, $2P2$ Naumann's) Zwillingsfläche ist.

Bei Untersuchung der die Hohlräume des Melaphyrs von Nieder-Cainsdorf bei Zwickau auskleidenden, oft etwas Nadeleisenerz umschliefsenden Quarzkrystalle zog daher ein etwa 2^{cm} im gröfsten Durchmesser habender, kurzsäulenförmiger, nur an einem Pole ausgebildeter Krystall, welcher mit einem anderen, etwa 6^{mm} grofsen, ebenfalls nur an einem Pole ausgebildeten, kurzsäulenförmigen Quarzkrystalle verwachsen ist, meine besondere Aufmerksamkeit auf sich. Ich fand nämlich nicht allein, dafs an beiden Krystallen je eine Säulenfläche mit einander spiegelt, sondern das Reflections-Goniometer lehrte mir auch, dafs bei ihnen je zwei Dihexaëder-Flächen in einer Zone liegen. Aufser den bei beiden Krystallen auf die erwähnten zusammenspiegelnden Säulenflächen gerad aufgesetzten Dihexaëder-Flächen, welche man bei jedem der beiden Krystalle als die mittlere Dihexaëder-Fläche betrachten möge, ist es am gröfseren Krystalle die ihr links, am kleineren dagegen die ihr rechts anliegende Dihexaëder-Fläche, welche dieser einer Dihexaëder-Polkante parallelen Zone angehören. Gleichzeitig liegen an dem Zwillinge noch in derselben Zone je eine der nicht in der Ebene der Hauptaxen liegenden Flächen des hexagonalen Prismas *b*.

In der schematischen zum VI^ten Gesetze gehörigen Figur sind beide Krystalle als vollkommen ausgebildet und einander durchdringend dargestellt. Zur Projectionsebene der Figur wählte ich die einer Fläche des hexagonalen Prismas *b* [d. i. der gewöhnlichen Quarzsäule (∞P Naumann's)] parallele Ebene der einander unter Winkeln von

42° 17′ und 137° 43′

kreuzenden Hauptaxen.

Der spitze Winkel, unter dem letztere einander schneiden, entspricht dem Neigungswinkel einer Polkante des Quarz-Dihexaëders zur Hauptaxe, und ist also bei vorliegendem VI^ten (dem Zwickauer) Gesetze gerade *halb so grofs*, als bei dem IV^ten und V^ten Gesetze [Weifs und Des Cloizeaux-Sella.]

Bei diesem VI^ten (dem Zwickauer) Gesetze hat man es mit zwei Zwillingszonen zu thun, deren beiderseitige Zwillingszonenlinien in der Projectionsebene (Fig. zu Gesetz VI.) zu einer geraden Linie projicirt erscheinen, da sie jedoch je einer Dihexaëder-Polkante parallel liegen, so schneiden beide Zwillingszonenlinien einander, wie leicht ersichtlich, unter

95° 26′,

d. i. dem Complementswinkel der doppelten Neigung einer Polkante des Quarzdihexaëders gegen die Hauptaxe.

Einer jeden Zone gehören 8 Dihexaëder-Flächen und 4 (die beiden einspringenden Winkel bildenden) Flächen des hexagonalen Prismas *b*, jedoch in der Weise an, dafs sich die angegebenen Flächenzahlen zur Hälfte auf die oberen, zur Hälfte auf die unteren Krystallpole vertheilen.

Die Ebene der Zwillingszonenlinie steht winkelrecht auf der Ebene der Hauptaxen und entspricht einer Rhombenfläche *s*.

Der leichteren Uebersichtlichkeit wegen stelle ich die am Quarze vorkommenden sechs Gesetze regelmäfsiger Verwachsung mit gekreuzten Hauptaxen tabellarisch in nachfolgendem Schema so zusammen, dafs sie eine Reihe bilden, deren vordere und hintere Glieder mit einander correspondiren.

(Hier folgt die Tabelle.)

VII. *Ueber die elektrische Leitungsfähigkeit der Gase unter schwachen Drucken; von Hrn. A. Morren.*

(*Ann. de chim. et de phys. Sér. IV, T. IV. p.* 325).

[Im Eingange zu dieser Arbeit bemerkt der Verf., dafs er bereits am 31. März 1862 der Pariser Akademie eine Notiz von derselben übergeben habe, dafs er aber durch eine ähnliche Untersuchung des Hrn. De la Rive, von der er Kunde erlangt, veranlafst worden sey, das Erscheinen dieser abzuwarten, bevor er die seinige ausführlich veröffentliche. Seitdem habe nun Hr. de la Rive der Pariser Akademie am 13. April 1863 seine Abhandlung vorgelegt[1]), und da er daraus ersehen, dafs der Genfer Physiker sich nur mit Wasserstoff und Stickstoff beschäftigte, so halte er es nicht für überflüssig, die Resultate seiner Untersuchung dem Publicum zu übergeben. Dann fährt er fort wie folgt.]

Es boten sich mir zwei Verfahrungsweisen dar, deren eine schon in meiner Notiz vom 31. März 1862 angedeutet ist. Sie ist, bis auf einige sehr geringe Abweichungen, genau die von Herrn De la Rive befolgte. Ich suchte für beide nach einer doppelten Controle. Hinsichtlich der beiden oben genannten Gase haben sie mir zu demselben Resultat geführt. Uebrigens haben die beiden Verfahrungsweisen viele Analogie mit einander. Bei beiden isolirt man eine bestimmte Menge eines Gases. Allein bei der ersten variirt man das Volum desselben, indem man in einer gekannten und wohl gemessenen Weise den von ihm eingenommenen Raum vergröfsert; bei dem anderen variirt man die Dichtigkeit desselben, indem man fortwährend evacuirt und die Verdünnung mit Sicherheit mifst. Dazu diente mir meine Quecksilberpumpe.

Zu dem ersten Verfahren nimmt man eine Röhre von etwa 1^m, 40 Länge und 2 Centm. innerem Durchmesser (Fig. 11, Taf. I, Heft I); dieſs ist die gröfste Weite, die ich angewandt (ich bin nicht 13 Millm. darunter hinabgegangen.) Man reinigt sie mit möglichster Sorgfalt, anfangs

1) Ausführlich erschienen in den *Archives de scienc. phys.* Juli 1866.

mit siedender Salpetersäure und dann wiederholt mit destillirtem Wasser, wobei man sie jedesmal trocknet, Operationen, die man nicht eher vollzieht, als bis man die weiterhin erwähnten Theile davon geschmelzt hat. Die Röhre ist an einem Ende verschlossen und daselbst mit einer Platin-Elektrode versehen; an das andere Ende ist ein Haarröhrchen oben mit einem grofsen Behälter daran geschmelzt, und am Fufse dieses Röhrchens ist in der langen Röhre eine Platin-Elektrode angebracht. Hierauf theilt man diese Röhre in gleiche Raumtheile, wobei ich 10 Cubikcentm. als Einheit nehme. Diese Operation wird mit reinem und trocknem Quecksilber ausgeführt, welches man durch den oberen offenen Behälter einfüllt. Man läfst dasselbe mit sehr grofser Sorgfalt in der Röhre sieden, und füllt dieselbe genau auf die Weise, wie es bei weiten Barometerröhren geschieht. Ist die Röhre gefüllt und erkaltet, so schneidet man den oberen Behälter *R* ab und nimmt ihn fort; es bleibt dann nur die lange Röhre mit dem Haarröhrchen *Bb* oben darauf. Man steckt auf dieses einen zweckmäfsig durchbohrten Pfropfen, welcher sich unter einem Glasschälchen befindet, in das man Quecksilber giefst. In dieses stellt man eine kleine Eprouvette, welche das sehr reine Gas enthält, mit welchem man arbeiten will; man hebt die lange Röhre und das Haarröhrchen, durch Verschieben in dem Pfropfen, bis man das capillare Ende sich in der kleinen Eprouvette mit Gas über das Quecksilber erheben sieht. Dann erhitzt man die lange Röhre, sie dabei etwas neigend. Das Quecksilber dehnt sich aus und tritt in Tröpfchen aus dem Haarröhrchen; dann, wenn man glaubt, dafs genug ausgetreten sey, läfst man den Apparat erkalten; das Quecksilber zieht sich zusammen, und statt desselben tritt Gas in das Haarröhrchen. Wenn man die Gasmenge für hinreichend hält, läfst man die lange Röhre etwas hinab, so dafs das in dem Pfropfen sich verschiebende Haarröhrchen wieder in das Quecksilber tritt. Nun wartet man. Die erkaltende Röhre führt mit sich in das Innere der langen Röhre die Gasblase, deren Länge man

mifst, und da man den Durchmesser des Haarröhrchens durch vorherige sorgfältige Messung kennt, so hat man Alles, um das Volum der eintretenden Gasblase zu bestimmen. Man kann sie übrigens, was ich nie unterliefs, noch messen, indem man sie wieder in das Haarröhrchen eintreten läfst, nachdem die ganze Röhre erkaltet ist, dabei blofs die Wärme der Hand mit Geschicklichkeit anwendend. Man mifst auf's Neue die Länge und folglich das Volum. Auch mufs ich noch einer Controle des inneren Volums der Röhre erwähnen, welche darin besteht, dafs man sie leer und mit Quecksilber gefüllt wägt.

Am Ende des Haarröhrchens und zwar mittelst einer Kautschukröhre, deren Widerstand man bedeutend verstärkt, (indem man inwendig zwischen den übereinander gelegten Kautschuklamellen ein Stück Tuch anbringt) befestige man den folgenden Apparat:

EF ist ein Glasrohr, dem seitwärts ein Rohr mit Hahn *C* angelöthet ist; letzteres endigt in einem gekrümmten Theil *CJ*, der durch den Pfropfen *H* in die Flasche *D* geht und in Quecksilber taucht. Eine andere, auch durch den Pfropfen *H* gehende Röhre *M* erlaubt, die Flasche *D* über dem Quecksilber zu evacuiren.

Man begreift, dafs man nur den Hahn *C* zu drehen braucht, um das Quecksilber in dem langen Rohre *AB* so langsam wie möglich herabsinken zu lassen. Den einen Draht des Inductionsapparates befestigt man an *A*, den anderen an *B*. Der Strom geht durch das Quecksilber und von da durch das verdünnte Gas, ehe er die andere Elektrode erreicht. Man sieht das verdünnte Gas leuchten, und der durchgehende Strom wird seiner Intensität nach durch ein in seine Bahn eingeschaltetes Galvanometer gemessen, wie weiter auseinander gesetzt werden soll, wo ausführlicher von dem zweiten Verfahren die Rede ist. Man kann also einerseits die Intensität des Stromes messen und andrerseits genau erfahren, wie grofs in jedem Augenblick das Gasvolum ist, welches man nach und nach verdünnt, bis es das gesammte Volum *AB* der Barometerröhre einnimmt. Das

Mariotte'sche Gesetz, welches die Volume mit den Drucken verknüpft, gestattet, die Elasticität des vom Strome durchlaufenen Gases mit Leichtigkeit und Sicherheit zu erhalten. Man begreift, dafs unter diesen Umständen die Schwächung der Elasticität des Gases durch nichts als durch das Volum der Röhre AB beschränkt ist.

Merkt man sich die Spannkräfte des Gases und die Ablenkungen des Galvanometers, so hat man alles, um für die elektrische Leitungsfähigkeit die Curven zu construiren, von denen weiterhin die Rede seyn wird.

Die Vortheile dieses Verfahrens, welches ich nur bei zwei Gasen, Stickstoff und Wasserstoff, angewandt habe, besteht darin, dafs man eine sehr genaue Messung von der Spannkraft der Gase unter sehr schwachen Drucken erhält und dafs man mit Genauigkeit nachweisen kann: erstens die Zunahme der Leitungsfähigkeit bei Abnahme der Elasticität, zweitens den Punkt, wo diese Leitungsfähigkeit ein Maximum erreicht, und drittens den Umstand, dafs über diesen Punkt hinaus die Leitungsfähigkeit sehr rasch abnimmt, um bei sehr schwachen, fast nullgleichen Drucken Null zu werden.

Betrachten wir nun seine Nachtheile: sie sind grofs, wie man sehen wird.

Es ist unnöthig, die practischen Schwierigkeiten hervorzuheben, welche die Darstellung einer $1^m,40$ langen und sehr (oft 2 Centm.) weiten Röhre mit sich führt, die man mit reinem und durch langes Kochen vollkommen von Luft befreitem Quecksilber füllen soll. Das ist eine langweilige und mühsame Arbeit, die indefs doch nur Sorgfalt erfordert. Viel ernster ist der Uebelstand, dafs sie die elektrische Leitungsfähigkeit des Gases durch die des Quecksilberdampfs complicirt, welche letztere zwar bei niederen Temperaturen gering, bei höheren aber beträchtlich ist, und mit der Wärme wächst. Denn bei gewöhnlicher Temperatur und selbst bei 0^0 zeigen die spectralen Reactionen in dem Lichte die Gegenwart von Quecksilberdampf an. Freilich, da das Quecksilber auf der einen Seite als Elek-

trode dient, so reicht der Funke hin, das Quecksilber zu verdampfen. Ich wollte in dieser Beziehung das Leitungsvermögen des Quecksilberdampfs ermitteln, ohne anderes Gas als das, welches das Quecksilber noch nach sehr langem Auskochen gelöst enthalten kann. Als ich den Funken durch ein reines, von fremden Gasen freies barometrisches Vacuum schlagen liefs, erkannte ich, dafs: 1) Wenn der Raum nicht bedeutend ist, der Strom durchgeht unter Erzeugung eines grünlichen, ungeschichteten Lichts, in welchem die Spectrallinien die Gegenwart von Quecksilber anzeigen; 2) dafs in dem Maafse, als der Raum gröfser wird, die elektrische Leitungsfähigkeit, sowie das Licht, abnimmt. Nehmen wir ein Zahlenbeispiel. Wenn in einer Röhre von $13^m,8$ innerem Durchmesser der leere Raum 40 Cubikcentm. beträgt, d. h. wenn die obere Elektrode etwa 30 Centm. vom Quecksilber absteht, ist das Licht schwach und weit geringer, als wenn der Abstand nur 15 Centm. beträgt. Sobald aber der Raum 80 Cubikcentm. beträgt, hört der Durchgang des Stromes auf und das Licht verschwindet; 3) dafs, wenn man die Temperatur hinreichend erhöht, der Strom und das Licht wieder zum Vorschein kommen, desto mehr, je stärker man erwärmt; 4) dafs, wenn man im Moment, da der Strom nicht mehr durchgeht, eine Blase Stickstoff oder Wasserstoff hinzufügt, der Strom und das Licht sogleich wieder erscheinen. Hier ein Beispiel davon.

Durch eine barometrische Kammer von 10 Cubikcentm., d. h. von 10000 Cubikmillimet., leitete ich den elektrischen Strom; das Licht war schwach wie gewöhnlich und die Ablenkung des Galvanometers etwa 10°. Ich liefs eine Wasserstoffblase von 1 Cubikmillm. unter dem Druck von $0^m,7606$ eintreten; der ausgedehnte Wasserstoff stand also unter dem Druck von $\frac{0,7606}{10000}$ d. h. von 0^{mm}, 76, und in diesem Fall giebt er für sich, wie wir weiterhin sehen werden, nur ein ziemlich schwaches Licht und einen schwachen Strom. Und dennoch wurde hier, sowie die Blase eintrat, das Licht sogleich sehr schön und die galvanometrische Ablenkung stieg

auf 66°. Man sieht also, dafs die Gegenwart des Quecksilberdampfs nicht ohne Einflufs ist auf die nach diesem Verfahren studirte Leitungsfähigkeit der Gase.

Noch mehr: Alle Gase, welche nicht einfach sind, werden sogleich und ohne Ausnahme zersetzt, wenn inmitten von Quecksilberdämpfen ein Strom durch sie hingeht. Es bleiben also nur Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff übrig. Aber letzterer verschwindet in der Barometerkammer mit aufserordentlicher Schnelligkeit, sowie die Elektricität durchgeht, weil er durch die Oxydation der Quecksilberdämpfe sogleich absorbirt wird. Diefs Alles geschieht nicht bei dem zweiten Verfahren.

Endlich mufs ich hinzufügen, dafs man sich vergebens schmeichelt, nur Quecksilberdämpfe im barometrischen Vacuum zu haben. Einige specielle Schwierigkeiten, zu denen ich erst in den letzten Tagen den Schlüssel auffand, haben mir gezeigt, dafs alle Flüssigkeiten und auch das Quecksilber, trotz seiner metallischen Natur, beständig Gase auflösen und zurückhalten, von denen man sie unmöglich absolut befreien kann, selbst nicht durch sehr lang fortgesetztes Sieden, und dafs, wenn dieses wohl ausgeführt worden, es schwer hält, die Flüssigkeitssäule in dem vertikalen Rohr zum Sinken zu bringen dadurch, dafs man unten ein sehr vollkommenes Vacuum herstellt. Diefs findet selbst beim Quecksilber statt, und wenn es durch einen Kunstgriff (es giebt deren mehre) gelingt, die flüssige Säure zum Sinken zu bringen und eine schwierige Trennung (*Disjonction*) zu bewerkstelligen, sogleich eine unvermeidliche Luftblase erscheint, deren Natur je nach der Flüssigkeit verschieden ist, und ich für einige derselben studirt habe. Ich habe für jetzt die Ueberzeugung, dafs, wenn man eine Flüssigkeit vollständig von Gas befreien könnte (was recht schwierig ist), die Trennung ihrer Molecüle und selbst alles Sieden unmöglich wäre. Diese Gasblase löst sich wieder mit grofser Leichtigkeit, sowie man der Flüssigkeit erlaubt, die Barometerkammer zu füllen, und diese Blase, die bei jeder Trennung erscheint, hat ein nach der Natur verschiedenes

Volum, und ein desto kleineres, je länger das Sieden fortgesetzt ward. Man sieht also, dafs die Leitungsfähigkeit des Quecksilberdampfs und eines jeden anderen Dampfs immer getrübt ist durch die Leitungsfähigkeit des gelösten Gases. Uebrigens entferne ich mich hier von meinem Gegenstande, indem ich von Arbeiten spreche, welche in einer anderen Veröffentlichung Platz finden werden. Ich habe jahrelang sehr reine Gase in den Kammern gutverfertigter Barometer aufbewahrt, und immer gesehen, dafs sich mit der Zeit das gelöste Gas oder Gasgemisch mit dem in die Kammer gebrachten Gase vereinigte. Man begreift also, warum ich mich hier darauf beschränke, nur mit Stickstoff und Wasserstoff zu experimentiren, und dazu mit Vorbehalt, die Resultate noch auf eine andere Weise zu controliren.

Ich begnüge mich, hier zu sagen, dafs man durch dieses Verfahren nachweisen kann, dafs mit wachsender Abnahme des Drucks die elektrische Leitungsfähigkeit des Stickstoffs und Wasserstoffs über eine gewisse Elasticität hinaus unaufhörlich abnimmt und dafs sie bei vollständigem Vacuum und nullgleichem Druck Null wird, was letzteres auch durch andere Methoden erkannt ist, namentlich durch Hrn. Gassiot nachgewiesen ward, indem er reine Kohlensäure in einer Röhre mittelst Aetzkali absorbiren liefs. Ehe ich zu dem zweiten Verfahren übergehe, welches für mich das wichtigere ist, mufs ich die Details eines Versuchs mittheilen, in welchem ich, bei constant gehaltenem Abstand der Elektroden, durch Vergröfserung des Volums die Spannkraft verringern und dabei die elektrische Leitungsfähigkeit des dem Quecksilberdampfe beigemengten Gases mit Genauigkeit messen konnte (die leuchtenden Röhren, welche man verfertigt, haben einen vortrefflichen Glanz, wenn man sie in dem Momente zuschmelzt, wo Leitungsfähigkeit und Licht sich auf ihrem Maximum befinden). Um den Platinelektroden einen constanten Abstand zu geben, schmelzte ich die eine am Ende der Röhre ein und die andere in der Seitenwand derselben. Ein Versuch mit einer Stickstoffblase, *die unter* steter Vergröfserung des Volum in eine Barome-

terkammer gebracht wurde, gab folgende Zahlen, wobei der Druck nach dem Mariotte'schen Gesetz berechnet wurde.

Gewicht der Glasröhre, leer . . . . . 116^{grm},90.
do. do. do. mit Quecksilber gefüllt 2136^{grm},00.
do. des füllenden Quecksilbers . . . 2019^{grm},10.

Um den Durchmesser des oben angeschmelzten Haarröhrchens zu messen, liefs ich in dasselbe ein Quecksilbertröpfchen eintreten, das 252^{mm} lang war und 3^{grm},82 wog. Die später eingeführte Stickstoffblase hatte in dem Haarröhrchen eine Länge von 22 Millm. Mit diesen Daten waren die beobachteten Volume, Drucke und Ablenkungen folgende:

Volume in Centm.	Drucke in Millm.	Ablenkungen des Galvanometers	Licht
10	0,0339	40°	Schön
20	0,0169	27	Weniger schön
30	0,0113	18	do. do.
40	0,0084	13	Weniger lebhaft
50	0,0067	7	do. do.
60	0,0056	4	Viel schwächer
70	0,0048	2	do. do.
80	0,0042	1	Fast Null
90	0,0037	0	Ganz Null

Es war unnöthig, das Quecksilber weiter zu senken. Bei diesem Versuch betrug der Abstand der Elektroden 0^{m},125. Wir haben oben gesagt, mit welcher Leichtigkeit die Gase, wenn sie nicht einfach sind, im barometrischen Vacuo durch die Elektricität zersetzt werden. Ich will hier, als vortrefflichen Vorlesungsversuch, angeben, wie man diese Zersetzung effectvoll zeigen kann. Man bringt in die Barometerkammer eines langen Rohrs, das mit Elektroden versehen ist, soviel Stickstoff-Oxydul oder Oxyd, dafs der rückständige Stickstoff diejenige Spannkraft habe, welche die beste Leitungsfähigkeit giebt. Nachdem das Rohr verschlossen worden, sieht man im Moment, da der Strom durchgeht, ein weinrothes, nicht fluorescirendes schwaches Licht, welches die Gesammtheit der Röhre einnimmt; allein nach Ablauf einiger Sekunden erscheint am negativen Pol das prächtige und

fluorescirende Licht des Stickstoffs, welches sich langsam zum positiven Pol begiebt. Das Resultat ist glänzend, besonders wenn man das Rohr vor dem Durchgang des Stromes erwärmt.

Ich gehe zum zweiten Verfahren über, welches ich seit meinem ersten Briefe an die Akademie sehr verbessert habe. Zur Darstellung und Handhabung der Gase wende ich die in früheren Abhandlungen beschriebenen Quecksilbermanometer an. Alle Hähne an den Verbindungsröhren sind von Glas; ihre Dichtheit und Handhabung läfst nichts zu wünschen übrig. Hinter dem Gasometer und getrennt von ihm durch eine Verbindungsröhre mit Hahn ist ein cylindrisches Rohr von 29 Millm. Weite und 45 Centm. Länge. Der Abstand der Elektroden in dem Rohre beträgt 24 Centm. Das andere Ende des Rohrs ist verbunden mit einem Quecksilber-Aspirator und durch das bloſse Spiel eines Hahns kann man mit gehöriger Langsamkeit und mit der vollständigsten Sicherheit das Vacuum in der horizontalen Experimentivröhre herstellen. Die angewandten Elektroden waren fast immer von Aluminium, ausgenommen bei einem einzigen Gase, dem Sauerstoff, weil unter dem Einfluſs des Stroms das verflüchtigte Aluminium sich oxydirt, was das Platin nicht thut. Allein das Platin bietet bei langer Anwendung Uebelstände dar, derentwegen ich es verliefs. Es verflüchtigt sich nämlich mit Leichtigkeit in Gestalt eines feinen, schwarzen Pulvers, welches die Röhre ringsum den negativen Pol auskleidet und beschmutzt, und was das schlimmste ist, dieser Staub nimmt immer mehr zu, dehnt sich längs der Röhre aus und wird elektricitätsleitend; in gewissen Fällen wird er sogar leuchtend. Er dient als Elektricitätsleiter, die Aureole des negativen Pols dehnt sich ringsum ihn aus, und damit hört der Abstand der Elektroden auf ein constanter zu seyn.

Oben auf dem Quecksilber-Aspirator [1]) und einen Körper mit ihm bildend, befinden sich zwei Manometer, eins mit Quecksilber und eins mit Schwefelsäure. Dieſs letztere besteht aus einer ausgesuchten und wohl kalibrirten *Röhre von* 37 Centm. Länge und 6 Millm. Weite; es

1) Eine Quecksilber-Luftpumpe, nach Art der Geifsler'schen. P.

taucht unten in einen Behälter mit concentrirter Schwefelsäure, welches anfangs dazu dient, den Aspirator und das Gas, mit welchem man operirt und welches schon vor der Ankunft im Gasometer getrocknet worden ist, immer sehr trocken zu halten. Hierauf ist die Schwefelsäure die Flüssigkeit, welche in dem langen Rohre, je nach den Veränderungen des Druckes, steigt oder fällt. Diese beiden Manometer erlauben, den von dem Gas getragenen Druck leicht bis auf 0,1 Millm. Quecksilber zu bestimmen.

In einer künftigen Arbeit: *Ueber die Natur der von Flüssigkeiten gelösten Gase*, werde ich zeigen, wie man verfahren mufs, um ein vortreffliches Manometer mit Schwefelsäure zu haben, ungeachtet ihrer Eigenschaft, schwefligsaures Gas ins Unbestimmte zu lösen.

Es erübrigt mir noch, die Vorsichtsmafsregeln anzugeben, welche ich genommen, um eine empfindliche Messung der Intensität des elektrischen Stroms zu erhalten.

Die Elektricität wird geliefert von einem kleinen Rühmkorff'schen Apparat, angeregt durch vier Bunsen'sche Zellen. Dieser Apparat wird in weiter Ferne aufgestellt von dem Arbeitsort, wo sich der Gasometer, die Gasröhre und der Quecksilber-Aspirator befinden; man vermeidet dadurch den Einfluſs der Magnetisirung des weichen Eisens auf das Galvanometer, welches zur Messung der Intensität des Stromes dient. Das Galvanometer besteht aus einem Kupferdraht von 25 Meter Länge 0,7 Millm. Dicke. Das System der beiden astatischen Nadeln wiegt 0^{gram} 317; es ist sehr empfindlich und die Nadeln sind stark und sehr gleichmäfsig magnetisirt. Es ist, wie man sieht, ein sehr empfindliches Galvanometer, wie das Melloni'sche. Wenn der Inductions-Apparat vorgerichtet ist, beginnt man damit, mittelst des Galvanometers die Intensität des elektrischen Stromes zu erforschen. Zu dem Ende mufs man einen der beiden Ströme des Apparats, denjenigen von der schwächeren Spannung, entfernen. Hr. De la Rive hat geglaubt zu diesem Zweck einen Trenner (*séparateur*) mit Platinspitzen, der nur den Strom mit starker Spannung durch-

läfst, anwenden zu müssen; allein ich war genöthigt, dieses Mittel zu verwerfen, weil die Platindrähte durch das Ueberschlagen schnell verändert werden, und dadurch sowohl in ihrem Abstand als in der Intensität des Stroms eine merkliche Veränderung herbeigeführt wird. Man ist bei Anwendung dieses Mittels zu einer fortdauernden Aufsicht genöthigt. Ich gebe einer zu diesem Zweck construirten Röhre mit verdünntem Wasserstoff den Vorzug. Diese Röhre schalte ich in die Kette des inducirten Drahts, welcher den Strom zu den Apparaten führt. Diese Gas-Röhre ist ein vortrefflicher Trenner, mit dem ich den Strom sehr lange sehr constant halten konnte. Ich gebrauche mehre solcher Röhren, welche ich als Widerstandsrollen benutze, wenn ich einen zu starken Strom schwächen will. Ich reducire dadurch den Strom immer auf dieselbe Intensität, wenn er nur die Leitungsdrähte und das Galvanometer durchläuft. Nachdem der Strom sonach mit gröfster Sorgfalt regulirt worden ist, bringt man die mit zwei Elektroden versehene horizontale Röhre, welche das zu untersuchende Gas enthält, in die Kette.

Nach dieser Vorbereitung dreht ein Gehülfe den Hahn des Quecksilber-Aspirators, der nun die Elektroden-Röhre langsam evacuirt. Währenddefs beobachte ich sorgfältig mittelst eines Fernrohrs die Nadel des Galvanometers, und sobald sie sich in Bewegung setzt, schliefst der Gehülfe den Hahn des Vacuums und man notirt sorgfältig den Druck. Läfst man abermals einige Gasblasen in die Röhre eintreten, so ist es leicht, den Versuch wieder anzufangen und dadurch sehr genau den Moment der ersten Erschütterung der Galvanometernadel, sowie den Werth der Spannkraft des Gases zu erhalten. Macht man diesen Versuch im Dunklen und beleuchtet das Galvanometer mit Kerzenlicht, so erkennt man, dafs die Ablenkung eher beginnt, als das elektrische Licht in der Röhre erscheint; allein dies dauert nicht lange. Nachdem man den Moment der ersten Ablenkung wohl erfafst hat, fährt man fort, durch Oeffnen des Hahns das Gas in der Röhre sehr langsam zu verdün-

nen und in jedem Moment die Spannkraft des Gases und die galvanometrische Ablenkung mit Genauigkeit aufzuzeichnen. Man fährt damit fort bis zu dem Moment, wo die Luftpumpe aufhört, das Gas zu verdünnen. Dieſs ist der erste Theil der Operation; der zweite dient zur Controle des ersten und besteht darin, daſs man, nachdem die Verdünnung bis zu ihrer äuſsersten Gränze gelangt ist, auf der entgegengesetzten Seite der Röhre wieder Gas eintreten läſst. Allmählich nimmt der Druck zu und die galvanometrische Ablenkung ab; man notirt deren Werthe, die mit den früheren bei steigender Verdünnung identisch seyn müssen. Nach beendigter Operation miſst man abermals die Kraft der Säule, um zu sehen, ob sie constant geblieben sey; erst wenn dieſs der Fall ist, werden die Beobachtungsreihen als zuläſsig betrachtet. Dieſs Verfahren ist einfach, leicht und rasch und liefert vergleichbare Resultate.

Gegen das erste Verfahren zeigt es zwei wichtige Unterschiede. Der erste besteht darin, daſs bei ihm die zusammengesetzten Gase meistens nur langsam zersetzt werden. Einige machen jedoch eine Ausnahme. So braucht das Cyangas, unter einem bestimmten Druck, nur einige Sekunden, um unter Einfluſs der Elektricität zu zerfallen. Der zweite besteht darin, daſs, wie weit man auch das Evacuiren der Röhre getrieben haben mag, doch immer etwas Licht in derselben erscheint, und daſs der elektrische Strom nach einem für jedes Gas verschiedenen Maximum unaufhörlich abnimmt, ohne indeſs jemals Null zu werden. Bei den Gasen, in welchen das Licht geschichtet ist, nimmt der Abstand zwischen den Schichten immer zu, in dem Maaſse, als der Druck abnimmt. Zuweilen sah ich beim Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäure gar diesen Abstand so groſs werden, daſs in der 24 Centm. langen Röhre nur drei Schichten erschienen. In diesem Fall sind die Schichten fast unbeweglich und schwach leuchtend; unter dem Mikroskop betrachtet, boten sie nichts Interessantes dar.

Ueber die stets constante Kraft des von mir angewand-

ten Stroms habe ich noch Einiges hinzuzufügen. Vier Bunsen'sche Zellen, deren immer identische Flüssigkeiten bei jedem Versuch zum ersten Male angewandt wurden, und deren Zinkcylinder man jedesmal frisch amalgamirte, lieferten fast immer einen identischen Inductionsstrom, wenn man die Vorsicht traf, den Inductionsapparat nach jedesmaligem Gebrauch in einen Kasten mit Aetzkalk zu stellen, um ihn vollkommen trocken zu halten. Diefs ist ein vortreffliches Mittel, um diesen Apparat in gutem Gang und bei lebhafter Kraft zu erhalten. Man beginnt damit, das Galvanometer und den erwähnten Trenner in den Inductionsstrom einzuschalten. Bei meinen Versuchen und bei meinem Galvanometer reducirte der Trenner die Ablenkung auf 60°, sobald unter den eben beschriebenen Umständen, der Inductionsstrom das Minimum seiner Kraft besafs. War die Ablenkung gröfser als 60°, so fügte man, um sie immer auf diesen Werth zurückzuführen, der Kette entweder einen neuen Trenner oder eine Widerstandsrolle hinzu. Nach Erlangung dieses Resultats nahm man den ersten Trenner fort, und ersetzte ihn durch die Experimentirröhre; dann, nach Beendigung des Versuchs, brachte man den Trenner statt der Experimentirröhre wieder in die Kette, worauf die galvanometrische Ablenkung noch 60° seyn mufste; war sie anders, so wurde die Versuchsreihe verworfen.

Was die Resultate meiner Arbeit betrifft, so sind deren Zahlenwerthe bis auf geringe Unterschiede identisch mit den in den *Comptes rendus* veröffentlichten.

Um die mit verschiedenen Gasen erhaltenen Resultate sicherer zu vergleichen, mufste ich über das Verhältnifs der Kräfte zu den galvanometrischen Ablenkungen eine Tafel entwerfen, die überdiefs nothwendig ist zur Construction einer zweiten über die elektrische Leitungsfähigkeit der untersuchten Gase.

Verhältniſs der Kräfte zu den Ablenkungen bei dem angewandten Galvanometer.

Ablenk.	Kraft	Ablenk.	Kraft	Ablenk.	Kraft	Ablenk.	Kraft
29°	30	40°	45	51°	73	62°	133
30	31	41	47	52	76	63	141
31	32	42	49	53	80	64	150
32	33	43	51	54	84	65	160
33	34	44	53	55	89	66	171
34	35	45	55	56	94	67	183
35	36	46	58	57	99	68	197
36	37,5	47	61	58	105	69	218
37	39	48	64	59	111	70	228
38	41	49	67	60	118	71	248
39	43	50	70	61	125		

Mittelst dieser Tafel läfst sich die folgende aufstellen, in welche fünf Gase aufgenommen sind: 1) drei einfache, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; 2) ein Gasgemenge, die atmosphärische Luft, und 3) ein zusammengesetztes, aber hier sehr stabiles Gas, die Kohlensäure. Nur beiläufig werde ich von den übrigen zusammengesetzten Gasen sprechen, mit denen ich experimentirte. Warum ich atmosphärische Luft untersuchte, wird man weiterhin sehen.

Vergleichende Uebersicht der elektrischen Leitungsfähigkeit einiger Gase.

Wasserstoff			Stickstoff			Sauerstoff			Kohlensäure			Atmosphärische Luft		
Drucke	Ablenk.	Kräfte	Drucke	Ablenk.	Kräfte	Drucke	Ablenk.	Kräfte	Drucke	Ablenk.	Kräfte	Drucke	Ablenk.	Kräfte
mm	°		mm	°		mm	°		mm	°		mm	°	
60	0,5	0,5												
55	1	1												
50	2	2												
45	5	5												
40	9	9							39	0,5	0,5			
35	14,6	14,6												
30	20	20							30	2	2			
29	23	23										29	0,5	0,5
27	27	27												
24	33	34				24	0,5	0,5	25	3,5	3,5	25	1,5	1,5
23	36	37	23	0,1	0,1									
22	37,5	40	23	0,1	0,1									
20	40,5	46							20	5	5	20	2,5	2,5
19	42,5	50							19	5	5	19	2,9	2,9

| | | |

Ehe ich die Zahlen dieser Uebersicht discutire, habe ich einige allgemeine Bemerkungen zu machen.

Eine der sonderbarsten Erscheinungen, welche die verdünnten Gase darbieten, ist die dunkle, lichtlose Zone am negativen Pol. Sie ist in den verschiedenen Gasen von ungleicher Gröfse, allein ich habe sie auch in demselben Gase und unter demselben Druck sich verändern gesehen. So sah ich sie in Kohlensäure gewöhnlich 19 bis 20 Millm. lang, allein einmal sah ich sie eine Länge von 100 Millm. einnehmen. Die Ursachen dieser sonderbaren Erscheinungem habe ich noch nicht ermitteln können. Ich begnüge mich daher die Längen anzugeben, die ich in verschiedenen Gasen unter einem Druck von 0,5 bis 1,0 Millm. beobachtete. Bei allen diesen Gasen blieb der Abstand und die Natur der Elektroden immer unverändert in einer und derselben Experimentir-Röhre, welche ich bei wiederholten Versuchen das Glück hatte nicht zu zerbrechen, jedesmal aber immer sorgfältig reinigte.

Länge der dunklen Zone am negativen Pol.

Wasserstoff . . .	40	Millimeter
Stickstoff	35	» »
Sauerstoff	64	» »
Kohlensäure . . .	19	» »
Kohlenoxyd . . .	42	» »

Die Farbe des Lichts in den verschiedenen Gasen ist untersuchenswerth; allein der sonderbarste Theil dieses Lichts ist der, welcher sich am negativen Pol zeigt, anfangs in Gestalt einer fadenförmigen Aureole, dann fortwährend an Breite zunimmt und darauf die ganze Elektrode mit oft den lieblichsten und sanftesten Farben bekleidet.

Wie schon gesagt, ist die allgemeine Farbe des Lichts in der Röhre verschieden nach der Natur des Glases. Diese Farbentöne rühren von Fluorescenz her, die im Glase je nach dessen Bestandtheile entwickelt wird. Die allgemeine Farbe des Lichts änderte sich nicht, wenn das Glas constant wäre. Allein der Theil, welcher sich am wenigsten ändert, ist eben die Aureole an der negativen Elektrode,

sobald diese aus einem so dicken Draht besteht, dafs sie nicht glüht. Wohl verstanden ist aber dazu erforderlich, dafs die Gase vollkommen rein und die Röhren mit den Elektroden äufserst sauber seyen.

Folgendes ist die Farbe der Aureole bei einigen Gasen in Röhren von Krystallglas.

Fluorescenz der Röhrenwand	Farbe der Aureole	Farbe des Lichts in der Röhre
	Wasserstoff	
Sehr grofs	Rosiges Weifs	Sehr lebhaft purpurroth in engen Röhren
	Stickstoff	
Sehr grofs und sehr glänzend	Ganz und rein weifs	Kupferroth, glänzend in kleinen Röhren, sanft in grofsen
	Sauerstoff	
Sehr wenig bedeutend	Weifs, grau rosig	Sehr sanftes Rosenroth
	Kohlensäure	
Sehr sanft	Flachsblau, zart und sehr rein	Weifsliches Grün
	Kohlenoxyd	
Sehr sanft	Entschieden weifs	Weifsliches Grün
	Schweflige Säure	
Ziemlich sanft	Weifs	Himmelblau, sehr schön
	Atmosphärische Luft	
Noch geringer	Veilchenblau	Hell rosig, glänzend

Ich mufs besonders hervorheben, dafs die Natur des Glases einen Einfluſs auf die Farbe in verschiedenen Gasen ausübt. So entsteht in den böhmischen, sächsischen und deutschen Gläsern, welche fast alle Kali zur Basis haben, besonders aber in denen, die insgemein Uran enthalten, eine gelbe Fluorescenz, welche die Farbe in den Gasen gründlich abändert. Der Wasserstoff, welcher an sich eine schöne rosenrothe Farbe hat, ist in den deutschen Gläsern umgeben von einer gelblichen Hülle, und in den französischen von einer blauen Hülle, welche im ersten Fall eine orangenrothe Farbe giebt, und im zweiten eine ganz andere purpurrothe; und, was das Wichtigste ist, diese reelle Variation übertragen diese

Farben auf die Spectra der Gase; allein dieſs ist hier nicht meine Sache.

Die Aureole am negativen Pol, welche so wenig veränderlich ist, hat mir gestattet, die mehr oder weniger grofse Stabilität einiger Gase leicht zu erkennen. So z. B. kann man die Zersetzung, welche das Kohlenoxyd bei hinreichend langem Durchgang des Stroms erfährt, sehr deutlich wahrnehmen. Dieſs Gas und die Kohlensäure haben in der Röhre dieselbe allgemeine weifsgrüne Farbe, allein bei der Kohlensäure ist die Aureole sehr rein flachsblau, während diese beim Kohlenoxyd weifs ist. Der Strom, der durch die Kohlensäure geht, ändert die Aureole in nichts; im Kohlenoxyd dagegen, besonders wenn das Vacuum vollkommner wird und der Strom lange anhält, verschwindet die weifse Farbe der Aureole, um nach und nach das zarte Blau der Kohlensäure zurückzulassen. Zuletzt sind beide Röhren identisch, und die Spectralstriche zeigen, dafs beide Röhren nur Kohlensäure enthalten.

In andern Fällen erkennt man die Zersetzung zugleich an der Aureole und an der Farbe der Röhre. So z. B. ist im Wasserstoff die Aureole rosig weifs und das innere Licht purpurroth; im Acetylen dagegen ist Alles blendend weifs. Fährt man nun fort, den Strom hindurch zu leiten, so ändert sich nichts beim Wasserstoff; beim Acetylen dagegen lagert sich an der positiven Elektrode Kohle ab, die Aureole wird rosenfarben und allmählich erscheint das innere Licht purpurfarben. Das Acetylen ist zersetzt.

Von allen Gasen giebt nur eins, wenn es rein ist, keine Schichtung, nämlich der Sauerstoff. Quecksilberdampf verhält sich ebenso. Ich hebe dieſs hervor, weil die Schichtungen den Scharfsinn der ausgezeichnetsten Physiker in Anspruch genommen haben und noch nicht Alles über dieses wichtige Phänomen gesagt worden ist.

Eine aufmerksame Untersuchung der Zahlen in der Tafel S. 626 zeigt, dafs bei den dort angeführten Gasen noch andere Unterschiede vorkommen. So beginnt bei

jedem derselben die Leitungsfähigkeit unter einem anderen Druck, nämlich

bei Wasserstoff	74 Millm.	Druck,[1])
bei Kohlensäure	39 »	»
bei Luft	29 »	»
bei Stickstoff und Sauerstoff nahezu	23 »	»

Das Maximum der Leitungsfähigkeit ist auch verschieden und tritt unter verschiedenen Drucken ein:

	Maximum	Eintritt
bei Wasserstoff	174 . . .	$1^{mm},0$
» Sauerstoff	174 . . .	0,7
» atmosphärischer Luft .	172 . . .	0,7
» Kohlensäure	168 . . .	0,8
» Stickstoff	162 . . .	1,0

Unter den schwächsten Drucken ($0^{mm},1$) ist die Leitungsfähigkeit

der atmosphärischen Luft noch	150
des Wasserstoffs	120
der Kohlensäure	110
des Stickstoffs	110
des Sauerstoffs	86

Man wird erstaunt seyn, hier die atmosphärische Luft den ersten Platz und ihre Bestandtheile, Sauerstoff und Stickstoff, die letzten Plätze in der Liste einnehmen zu sehen. Allein man darf nicht vergessen, dafs der Strom nothwendig die Bildung von Untersalpetersäure veranlafst, welche die Leitungsfähigkeit abändern kann.

Ich habe die Leitungsfähigkeit des Stickstoffs, des Sauerstoffs und der atmosphärischen Luft mit besonderer Sorgfalt studirt und zwar aus leicht begreiflichen Gründen. Jeder kennt nämlich die elektrischen Lichtphänomene, deren Sitz die Atmosphäre ist, und es hat viele Wahrscheinlichkeit, dafs diese Phänomene in der Schicht der gröfsten Leitungsfähigkeit ihren vollen Glanz besitzen. Ich habe daher diesen Punkt mit Genauigkeit zu bestimmen gesucht. Wie man gesehen, liegt er ungefähr bei einer Spannkraft von 1 Millm. Quecksilber. Es wäre recht wünschenswerth

1) Diese hohe Zahl erhielt ich nur einmal, die gewöhnliche war 60 Millm.

(oder Flüssigkeit, wenn man will) seyn würd
all und in jeder Höhe die Dichte der L
0m,76 Druck hätte, welche Luft ich als inco
dem Druck einer Quecksilbersäule von 0m
gewicht haltend ansehe. Diese Dicke fin
die Gleichung

$$\frac{0,76}{x} = \frac{d}{D}$$

wo d die Dichte der Luft und D die des Q
gegen auf Wasser, vorstellt, also

$d = 0,0013$ und $D = 13,59$,

was für x giebt

$$x = \frac{0,76 \times 13,59}{0,0013} = 7921 \text{ Meter, etwa 8}$$

Erhebt man sich nun in der Atmosphär
wo der Druck nur $\frac{0,76}{x}$ ist, so wird die
daselbst $\frac{d}{x}$ seyn, und wenn man fragt, w
der Oberfläche der Erde, die Höhe einer
pressiblen Luftschicht von überall der Di
würde, die dem Quecksilberdruck $\frac{0,76}{x}$ da

ist, sich nicht viel von der letzten Schicht entfernen, deren Dicke ungefähr 8000 Meter beträgt, und ihre eigene Dicke, obwohl etwas geringer, kann sich nicht viel von 8 Kilometer entfernen. Dieſs ist die Region der Nordlichter.

Ich schlieſse mit der Bemerkung, daſs die Zahlen der Tafel S. 626 das Mittel aus einer groſsen Reihe von Versuchen sind. Bei niederen Drucken habe ich die Beobachtungen der galvanometrischen Ablenkungen vervielfältigt. Das Quecksilbermanometer genügt nicht mehr von 2 bis 3 Mlm. ab, und ich würde keine meiner Messungen traun, wenn ich auf dieses eine Manometer beschränkt gewesen wäre. Trotz aller Sorgfalt bei der Construction und aller Vorsicht bei der Messung geschieht es immer, daſs der Meniscus in der Röhre, in welcher das Quecksilber sinkt, eine andere Krümmung hat als in der, in welcher dasselbe steigt; leichte Stöſse ändern nur wenig daran und unglücklicherweise in sehr verschiedener Art, selbst in den sorgfältigst verfertigten Manometern. Aus diesen Gründen kann das Quecksilbermanometer nicht zu genauen Messungen dienen, sobald der Niveau-Unterschied gering ist und das von der Spannkraft des Gases getragene Gewicht dieses Unterschiedes vergleichbar ist den in's Spiel gesetzten Widerstandskräften. Wohl construirt und wohl in Acht genommen, hat das Schwefelsäure-Manometer diese Mängel nicht.

Fig. 12, Taf. I, zeigt die Curven der Leitungsfähigkeit, bei denen die Spannkräfte zu Abscissen, und die elektrischen Kräfte, welche die galvanometrischen Ablenkungen bewirken, zu Ordinaten genommen sind. Die vertikalen Linien repräsentiren die Ablenkungskräfte und die horizontalen Linien die Drucke der Gase. Bei diesen hat man das erste Millimeter verzehnfachen müssen, um Verwirrung bei den Curven zu vermeiden, die alle in diesem Millimeter auf 0 kommen. Ueberdieſs wollte ich einige Vergleichungspunkte haben zwischen der elektrischen Leitungsfähigkeit der Gase und der der Metalle. Bei den ersteren, wie bei den letzteren, hat der innere Durchmesser des Rohrs oder

des Metalls, durch welches der Strom geht, einen sehr grofsen Einfluſs auf die Leitungsfähigkeit. Ich begnüge mich hier, bloſs die Umstände anzugeben, unter denen ich arbeitete.

Die Röhren, in welchen die Gase dem Durchgang des Stromes ausgesetzt wurden, hatten folgende Dimensionen: Innerer Durchmesser = 29 Millm., Abstand der Elektroden = 24 Centm. Unter diesen Umständen und mit der Normalkraft des angewandten elektrischen Stroms waren bei jedem Gase die Ablenkungen die in der Tafel angegebenen.

Ich brachte die Inductionsrolle des grofsen Rühmkorff'schen Apparats als Widerstandsrolle in einen solchen Strom und sah denselben dadurch auf 6° galvanometrische Ablenkungen reducirt. Dieser Inductionsdraht soll eine Länge von etwa 100 Kilometer und einen Durchmesser von 0,1 Millm. haben; da ich diese Angaben nicht prüfen konnte, so begnüge ich mich bloſs mit Anführung des erlangten Resultats.

Folgendes sind die Resultate, deren ich sicher bin. Ich construirte einen Inductionsapparat aus vier leicht von einander trennbaren Rollen. In jeder von ihnen betrug die Länge des (Kupfer-) Drahts genau 1280 Meter und der Durchmesser desselben 0,3 Millimeter. Ein einziger Versuch gab folgende Resultate:

Mit einer Rolle	der Strom	reducirt	auf	46°
» zwei Rollen	»	»	»	43
» drei Rollen	»	»	»	39
» vier Rollen	»	»	»	37

Diese Zahlen, mittelst deren man leicht das Verhältniſs der Leitungsfähigkeiten berechnen kann, wurden durch einen einzigen Versuch erhalten; ich beabsichtige, diesen Gegenstand näher zu untersuchen, besonders unter Veränderung des Durchmessers der Röhren und des Abstandes der Elektroden.

Endlich ist noch ein sehr wichtiger Umstand der, daſs alle Versuche über die elektrische Leitungsfähigkeit verdünnter Gase in Glasröhren immer bei sehr trocknem

Wetter und wo möglich immer bei einem und demselben hygrometrischen Zustand der Atmosphäre angestellt werden müssen. Wenn die Luft feucht ist, ist es die Aufsenfläche der Glasröhre fast immer ebenfalls. Man bedarf dann einer viel gröfseren elektrischen Spannung, um das verdünnte Gas zu durchdringen, weil ein Theil der Elektricität an der Röhre entlang geht und selbst durch die atmosphärische Luft. So z. B. habe ich beim Wasserstoff Anomalien gesehen, die ohne diese Betrachtungen unerklärlich wären. Bei einem aufserordentlich trocknen Wetter (der Mistral-Wind ist in dieser Beziehung für uns (in Montpellier) sehr merkwürdig) habe ich in Wasserstoff den Durchgang des elektrischen Stroms beginnen sehen, als die Spannkraft des Gases noch 74 Millm. war, und dagegen bei einem aufserordentlich feuchten Wetter noch nicht bei einer Spannung von 40 Millm.

Bei den zusammengesetzten Gasen, welche der Strom zersetzt, ist die Leitungsfähigkeit insgemein sehr schwach und beginnt spät; das Kohlenoxyd beginnt erst bei einem Druck von 11 Millm. den Strom durchzulassen und das Maximum der Ablenkung beträgt 41°.

Das *Proto*-Kohlenwasserstoff beginnt seine Leitung bei 16 Millm. Druck und das Ablenkungsmaximum erreicht 60°; allein es zeigt sich schon Zersetzung des Gases.

Die schweflige Säure beginnt noch später, erst bei 5 Millm., und ihr Maximum, welches bei 2 Millm. Druck statt hat, steigt auf 54°, um darauf rasch zu fallen. Das Cyangas endlich, mit welchem ich schliefsen werde, zeigt merkwürdige Eigenthümlichkeiten, welche ich näher auseinander setzen will.

Durch zahlreiche Vorversuche wufste ich schon, dafs dieses Gas einer der schlechtesten Elektricitätsleiter ist. Ich wollte es nun unter niederen Drucken untersuchen und dazu mit äufserster Sorgfalt trocknen. Diefs ist aber nicht sehr leicht, da Schwefelsäure nicht angewandt werden kann; dieselbe ist vielmehr ein vortreffliches Lösemittel des Cyans, welches sogar daraus abgeschieden werden kann,

ohne, wie vom Wasser, zersetzt zu werden. Der Versuch hat mir eine der schönsten Lichtreactionen geliefert, die man sehen kann. Erst bei 5 Millm. Druck fängt der Durchgang des Stromes an. Bei 4 Millm. ist die galvanometrische Ablenkung schon 7°. Der Strom nimmt bei seinem Durchgang nur den centralen Theil ein und bildet einen Lichtstreif von sehr glänzendem Kupferroth. Bei 3 Millm. ist die Ablenkung 21°, allein in diesem Moment tritt eine mächtige Reaction ein; die Farbe verändert sich rasch, und rasch steigt auch die Ablenkung auf 38°, auf 45° und 49°; dann bleibt die Nadel stehen; die successiv entstehenden Farbentöne sind: Erst glänzendes Kupferroth, dann schönes Rosa, klares Rosa, Lilla, weifsliches Rosa, Weifs, grünliches Weifs, herrliches Smaragdgrün. Von dem Moment an, wo die Farbe sich ändert, erscheinen Schichtungen von ungemeiner Zartheit, die an der negativen Elektrode entstehen und sich mit einer prächtigen Undulationsbewegung nach dem anderen Ende hin fortpflanzen. Der Abstand zwischen den Luftschichten wächst fortwährend, was auf eine lebhafte Volumensverringerung hinweist, die überdiefs vom Manometer angezeigt wird. Dann, wenn Alles ruhig wird, erscheint an der negativen Elektrode eine schöne, blaue Aureole, und darauf eine breite, dunkle Zone mit breiten weifsen Schichten. Es herrscht einige Analogie zwischen diesen Lichtreactionen und denen der Kohlensäure; allein das letztere Licht ist sehr fluorescirend, das erstere aber gar nicht. Nahe bei der positiven Elektrode bildet sich in der Röhre ein röthlich brauner Absatz, den ich anfangs für Kohle hielt; allein er löst sich in Königswasser, und wenn man dann etwas destillirtes Wasser hinzusetzt, entsteht ein reichlicher gelber und gelatinöser Niederschlag, welcher noch zu studiren ist.

VIII. *Bemerkungen zum Aufsatz des Hrn. C. Bohn über das Stampfer'sche Nivellir-Instrument;* von *Stephan v. Kruspér.*

Prof. am K. Josephs Polytechnicum in Ofen.

1. In dem October-Hefte No. 10 dieser Annalen vom Jahre 1866 ist mit der Ueberschrift: *Ueber ein Instrument zum Messen der horizontalen Entfernung und des Höhenunterschiedes* von Herrn C. Bohn ein Aufsatz erschien, in welchem die in Stampfers »Anleitung zum Nivelliren« und anderen Werken entwickelte Theorie des Stampfer'schen Nivellirinstrumentes einer scharfen Kritik unterzogen, selbe einer »Ungenauigkeit« geziehen, und das Instrument »einer wesentlichen Verbesserung fähig« genannt wird. Es möge mir gestattet werden, diesen Aufsatz näher zu beleuchten, da die Voraussetzungen, auf welche der Verfasser seine Betrachtungen gründet, theils unrichtig, folglich die daraus gezogenen Folgerungen der thatsächlichen Grundlage entbehren, theils allerdings begründet, aber die gerügten Mängel so geringfügig sind, dafs sie auf die Praxis nie einen erheblichen Einflufs ausüben können. Der Verfasser empfiehlt dann ein von ihm nach den Grundsätzen des Stampfer'schen gebautes Nivellir- und Distanzmess-Instrument, welches die gerügten Mängel nicht besitze; er hat aber in der Construction einen wesentlichen Fehler übersehen, der die Vortheile des Instrumentes so sehr beeinträchtigt, dafs es eine Verschlechterung des Stampfer'schen genannt werden mufs.

Die Bemängelungen des Verfassers drehen sich hauptsächlich um zwei Punkte; nämlich: um die *Theorie der Winkelmessungs-Formel*, und die *Excentrische Stellung der optischen Axe des Fernrohres.*

2. In Betreff des ersten Punctes ist der Verfasser der irrigen Meinung, dafs die Mikrometerschraube des Stampfer'schen Instrumentes gegen die Alhidade eine unveränderliche

derliche Lage besitze. Deshalb sagt er (Seite 240) dafs die Winkel φ, φ' durch die Formeln

$$tg\varphi = cn,\ tg\varphi' = cn'$$

»genau« ausgedrückt werden, in welchen c eine Constante bedeutet. Dies ist nicht der Fall. Die Stampfer'sche Schraubenspindel ist an ihrem oberen Ende mit einem Kugelgelenk versehen, und ist nach allen Richtungen frei beweglich, aber nicht drehbar. Die drehbare Schraubenmutter stützt sich ebenfalls an eine Kugelfläche. Das feste Anliegen dieser Kugel an ihre Höhlungen wird durch eine Feder gesichert, welche jeden todten Gang der Schraube ausschliefst. Die Lage der Schraubenspindel gegen die Alhidade ist demnach nicht constant, sondern ändert sich mit der Drehung der Schraubenmutter; folglich kann die auf Seite 245 für die Spindel aufgestellte Gleichung

$$x\sin\alpha + y\cos\alpha = e,$$

in welcher α und e constante Gröfsen bedeuten, auf das Stampfer'sche Instrument keine Anwendung finden.

An dem Stampfer'schen Instrument Fig. 7 Taf. V sind die Mittelpunkte der erwähnten Kugelgelenke A und B unveränderlich, folglich in dem $\Delta\ ABC$ die Seiten AC und BC constant, hingegen die Seite AB, und der Winkel ACB veränderlich, oder ACB ist eine Function von AB. Ist das Instrument einmal aufgestellt, so hat BC eine bestimmte, unveränderliche Lage; während AC sich um den Punkt C dreht, wenn die Schraubenmutter in Drehung versetzt wird. Der Drehungswinkel dieser Linie ist aber mit dem Erhebungswinkel der optischen Axe des Fernrohrs identisch, weil das Fernrohr mit der Linie AC vermöge der Lagerung auf den Trägern des Fernrohrs fest verbunden ist. Dennoch wird der Elevationswinkel der optischen Axe durch den Drehungswinkel der Linie AC gemessen. Denken wir nun den Index der Mikrometerschraube an dem untersten Ende der Spindel auf 0 gestellt, und nennen wir $AC = a$, $BC = b$, $AB = c$, $\angle ACB = \gamma$, so besteht die bekannte Relation:

$$\cos\gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}.$$

Dreht man dann die Schraubenmutter, bei unveränderter Lage der Alhidade, um einige (n) Gänge, welchen eine Länge der Spindel $= k$ entsprechen soll; so ändert sich auch γ um einen gewissen Werth, welchen wir mit ω bezeichnen wollen, und es wird ebenfalls:

$$\cos(\gamma - \omega) = \frac{a^2 + b^2 - (c-k)^2}{2ab}$$

oder durch Verbindung beider Gleichungen:

$$\cos(\gamma - \omega) = \cos\gamma + \frac{ck}{ab} - \frac{k^2}{2ab}.$$

Aus dieser Gleichung soll ω als Function von k entwickelt werden, was in algebraischer Form nur durch eine unendliche Reihe möglich ist, die um so mehr convergiren wird, je kleiner k ist. Demnach erhält man im Allgemeinen:

$$\omega = Mk + Nk^2 + Pk^3 + \ldots$$

wo M, N, P constante, von a, b, c abhängige Gröfsen bedeuten. Wären nun die Schraubengänge vollkommen gleichförmig, und der Winkelwerth eines Schraubenganges $= p$, so würde $k = np$ seyn. Die Schraubengänge aber können vermöge der bei der Bearbeitung entstehenden Erwärmung eine stetige Aenderung zeigen. Das Gesetz dieser Aenderung ist zwar nicht bekannt, kann jedoch wieder durch eine der vorigen ähnliche Reihe, etwa

$$k = M'n + N'n^2 + P'n^3 + \ldots$$

dargestellt werden, wo n den Stand der Schraube bedeutet. Durch Substitution in die obige Reihe gelangt man in beiden Fällen wieder zu einer Reihe von derselben Form, etwa

$$\omega = An + Bn^2 + Cn^3 + \ldots$$

Denken wir nun die optische Axe des Fernrohres der Reihe nach auf die untere und obere Zielscheibe gerichtet, dann die Libelle zum Einspielen gebracht, und die entsprechenden Schraubenstände o, u, h abgelesen, so werden die Winkel, welche die Visirlinien mit der, dem Nullpunkte der Schraube entsprechenden Lage der optischen Axe einschliefsen, nach dem obigen

$$\omega_1 = Au + Bu^2 + Cu^3 + \ldots$$
$$\omega_2 = Ao + Bo^2 + Co^3 + \ldots$$
$$\omega_3 = Ah + Bh^2 + Ch^3 + \ldots$$

folglich die Werthe der zwischen den obigen Visuren eingeschlossenen Winkel, welche Stampfer mit α und β bezeichnet, oder:

$\omega_2 - \omega_1 = \alpha = A(o - u) + B(o^2 - u^2) + C(o^3 - u^3) + \ldots$

$\omega_3 - \omega_1 = \beta = A(h - u) + B(h^2 - u^2) + C(h^3 - u^3) + \ldots$

Somit ist das zweite Glied der Winkelformel begründet, und keineswegs »willkürlich gewählt«. Das dritte, und die folgenden Glieder der Entwickelung läfst Stampfer weg, weil sie innerhalb der Gränzen, welche der Winkelmessung durch die Länge der Schraube gesteckt sind, nie erheblich ist.

3) Die zweite Bemängelung des Verfassers bezieht sich auf die excentrische Lage der Visirlinie. In theoretischer Beziehung hat er vollkommen recht, aber der entstehende Fehler ist so klein, dafs er in der Praxis nie zur Geltung kommen kann. Eine einfache Betrachtung wird dies erweisen. Es sollen die Geraden 1, 2, 3 (Figur 8, Tafel V) die nach den Zielscheiben *U*, *O*, und die horizontale gerichteten Visuren vorstellen, welche unter sich die Winkel α und β einschliefsen. Alle diese Linien stehen von *C*, um welchen der obere Theil des Instrumentes sich dreht, gleich weit ab, und die aus *C* gezogenen Perpendikel, welche diese Entfernungen darstellen, bilden unter sich ebenfalls die Winkel α und β. Die strengen Formeln Stampfers sind in seiner »Anleitung« unter der Voraussetzung entstanden, dafs der Drehungspunkt *C* ein Punkt der optischen Axe sey; suchen wir nun die analogen Ausdrücke für den vorliegenden Fall. Aus dem ΔEOU, in welchem $OU = d$ die Entfernung der Zielscheiben von einander bedeutet, hat man

$$\overline{EU} = \frac{d.\cos(\beta - \alpha)}{\sin\alpha},$$

ferner

$$\overline{FU} = \overline{EU} - \overline{EG} + \overline{JG} = \frac{d\cos(\beta-\alpha)}{\sin\alpha} r\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2} + r\,\mathrm{tg}\,\frac{\beta}{2},$$

demnach

$$\overline{UH} = \overline{JU}.\sin\beta, \quad \text{und} \quad \overline{KH} = \overline{JU}.\cos\beta + \overline{KJ}$$

oder nach einer einfachen Substitution und Reduction

$$\overline{UH} = \frac{d\cos(\beta-\alpha)\sin\beta}{\sin\alpha} + r\sin\beta\left(\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} - \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right).$$

$$\overline{KH} = \frac{d\cos(\beta-\alpha)\sin\beta}{\sin\alpha} + r\left(\sin\beta - \cos\beta\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\right).$$

Die ersten Glieder dieser Formeln sind die Stampfer'schen Ausdrücke; die übrigen stellen den Einfluſs der Excentricität auf den Höhenunterschied und die Horizontaldistanz dar, oder die senkrechten Abstände des Punktes E von der horizontalen JH, und der vertikalen CK. Eine einfache Betrachtung zeigt, daſs diese Abstände am gröſsten ausfallen, wenn β den gröſstmöglichen positiven oder negativen Werth annimmt, und $\alpha = 0$ gesetzt wird. Dies kann zwar in der Praxis nie eintreten, aber als Grenzwerth mag es behalten werden. Der gröſste Werth von β ist $= 10°$; r hat der Verfasser $= 2{,}5$ Zoll gefunden. Mit diesen Werthen berechnet sich der gröſstmögliche Fehler in der Höhendifferenz $= 0{,}038$ Zoll, oder noch nicht ganz eine halbe Linie; in der horizontalen Entfernung aber $= 0{,}43$ Zoll, eine Gröſse, die auch bei den genauesten Arbeiten der niederen Geodäsie vernachlässigt werden kann.

4. Sehen wir nun nach, welche Mittel der Verfasser anwendet, um die gerügten Fehler zu vermeiden.

a) Er versetzt den Drehungspunkt in die optische Axe des Fernrohres. Dies Mittel ist zwar sehr einfach, aber nicht neu. Man kann es in Stampfer's »Anleitung«, Fig. 9, wiederfinden; es ist übrigens mit dem Nachtheile verbunden, daſs man das Fernrohr nicht umlegen kann, demnach die Rectification zwei Standpunkte erheischt; was zu vermeiden, und die Operation aus einem einzigen Standpunkte auf die möglichst einfachste Weise zu bewerkstelligen der Zweck der Umlegbarkeit und Umdrehbarkeit des Fernrohres ist.

b) Er giebt der Schraubenspindel eine unveränderliche Richtung, indem er die Mutter an der Alhidade festmacht. Das Ende der Spindel stöſst oben an ein hakenförmig gebogenes Stück, welches oben dachförmig zuge-

schnitten ist, und auf die Kante desselben stützt sich der untere Theil des Fernrohres. Diese Einrichtung ist ganz verfehlt, wenn die Winkelformel des Verfassers (Seite 250)

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{a}{l}$$

ganz richtig seyn soll, was der Verfasser an mehreren Stellen des Aufsatzes ausdrücklich postulirt. Es ist nämlich

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{BD}{CD} = \frac{AB - AD}{AD}.$$

Aber AB (Figur 9, Tafel V) besteht aus drei Theilen, nämlich aus dem Stücke der Schraube zwischen dem Index A, und dem oberen Ende derselben; dann aus der Höhe des Zwischenstückes vom Ende der Schraube bis an die Dachkante; endlich aus der vertikalen Linie von der Dachkante bis an die optische Axe, deren Länge $= \frac{\varrho}{\cos\alpha}$, wenn ϱ den senkrechten Abstand der Dachkante von der optischen Axe bedeutet. AD besteht ebenfalls aus drei Theilen, nämlich aus einem entsprechenden Stücke der Schraube, aus der Höhe des Zwischenstückes, und aus ϱ, welche, welche wegen der horizontalen Lage der optischen Axe jetzt vertikal steht. Durch Subtraction reducirt sich die Differenz der zwei Schraubenlängen auf a, nach der Bezeichnungsweise des Verfassers; die Höhe des Zwischenstückes fällt weg, und die dritten Glieder geben

$$\varrho\,\frac{\text{sin vers}\,\alpha}{\cos\alpha}.$$

Demnach ist

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{a}{l} + \varrho\,\frac{\text{sin vers}\,\alpha}{l\cos\alpha}.$$

Nimmt man α nur zu 5°, $\varrho = \frac{1}{2}$ Zoll, und $l = 10$ Zoll an, so wird der Fehler nach der Formel des Verfassers $= 39$ Sekunden. Für 10°, den gröfstmöglichen Werth des mit dem Stampfer'schen Instrument mefsbaren Höhenwinkels, würde der Fehler schon 2′ 37″ betragen, da der Fehler nahe im quadratischen Verhältnisse zum Höhenwinkel wächst.

Soll die Formel des Verfassers ganz richtig seyn, dann mufs das hakenförmige Stück über der Schraube oben gabelförmig gemacht werden, und bis zur optischen Axe des Fernrohres hinaufreichen, das Fernrohr aber in der Höhe der optischen Axe an beiden Seiten Ohren bekommen, welche sich auf die schneidigen Enden der Gabel stützen. Ob das Instrument auch in dieser modificirten Form dem Zwecke entsprechen werde, dagegen liefsen sich manche gewichtige Gründe anführen; nur einem Bedenken will ich hier noch Ausdruck geben, dafs nämlich die Bauart des Instrumentes kaum gestatten wird, den Höhenwinkel bis auf 10° Neigung zu messen, folglich die Anwendbarkeit des Instrumentes gegen das Stampfer'sche eine namhafte Beschränkung erfahren dürfte; was wohl mit dem Begriffe einer Verbesserung schwer in Einklang gebracht werden könnte.

Ofen, am 15. Februar 1867.

IX. *Optische Untersuchung der Krystalle des unterschwefelsauren Baryts;*

von A. Brio aus Charkow.

(Im Auszug aus d. Sitzungsbericht. d. Wien. Akad. Bd. LX, vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Für diese Krystalle, welche dem monoklinischen Systeme angehören, fällt die Ebene der optischen Axen mit der Symmetrie-Ebene zusammen. Die Lage der Elasticitätsaxen in derselben ist gegeben durch das vollständige Axenschema

$$(1\,0\,0)\ 3c = 103°\,14'$$

Die Werthe der drei Hauptbrechungsquotienten, welche mittelst den Elasticitätsaxen paralleler Prismen bestimmt wurden, sind:

	α	β	γ
Rothes Glas	1,5848	1,5935	1,6055
Natrium-Flamme	1,5860	1,5951	1,6072
Grünes Glas	1,5881	1,5976	1,6090

Hieraus berechnet sich für den wirklichen positiven Axenwinkel

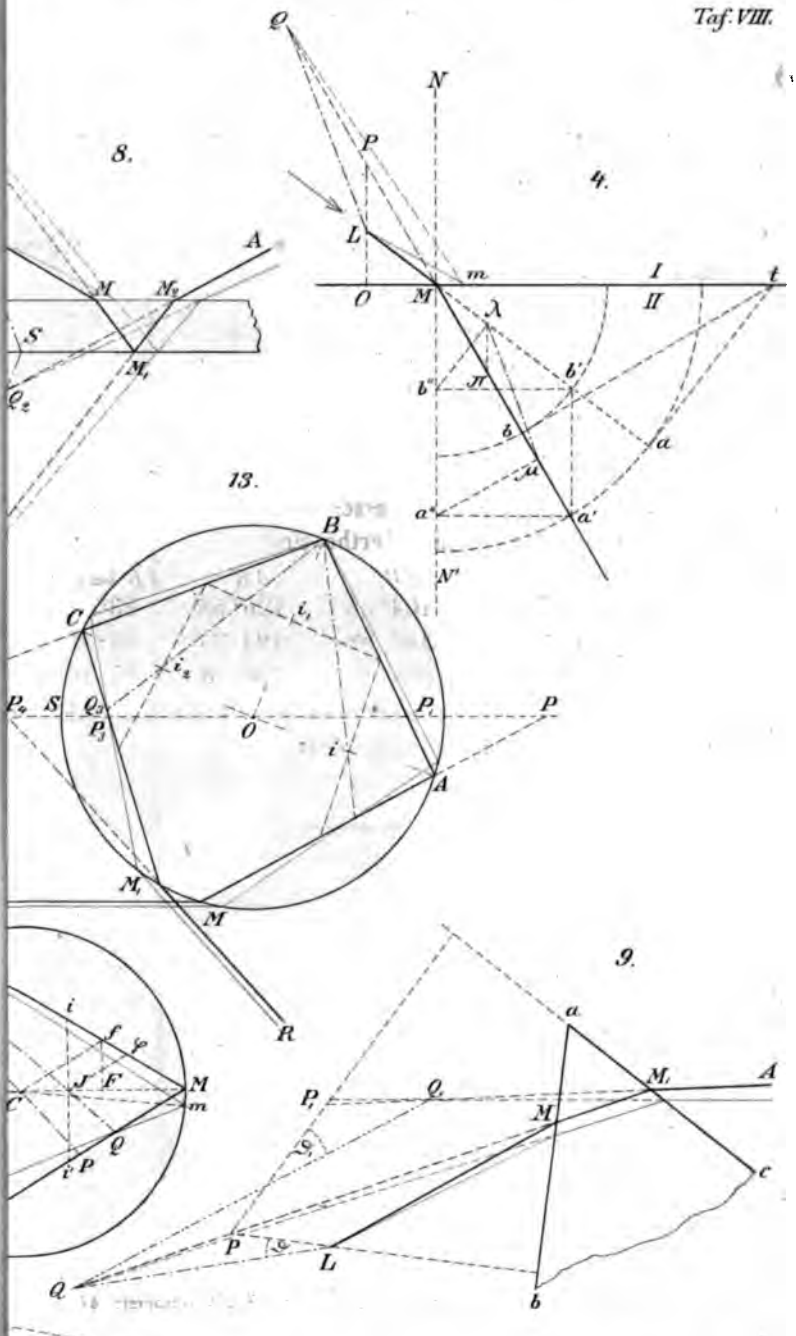
	AB
Rothes Glas	81° 22′ 44″
Natrium-Flamme	82° 26′ 0″
Grünes Glas	83° 34′ 0″

Der letztere Winkel wurde auch durch Messung des scheinbaren positiven (AB) und negativen (AB') Axenwinkels beim Austritte in Wasser und Oel bestimmt. Die für Wasser gefundenen Werthe sind:

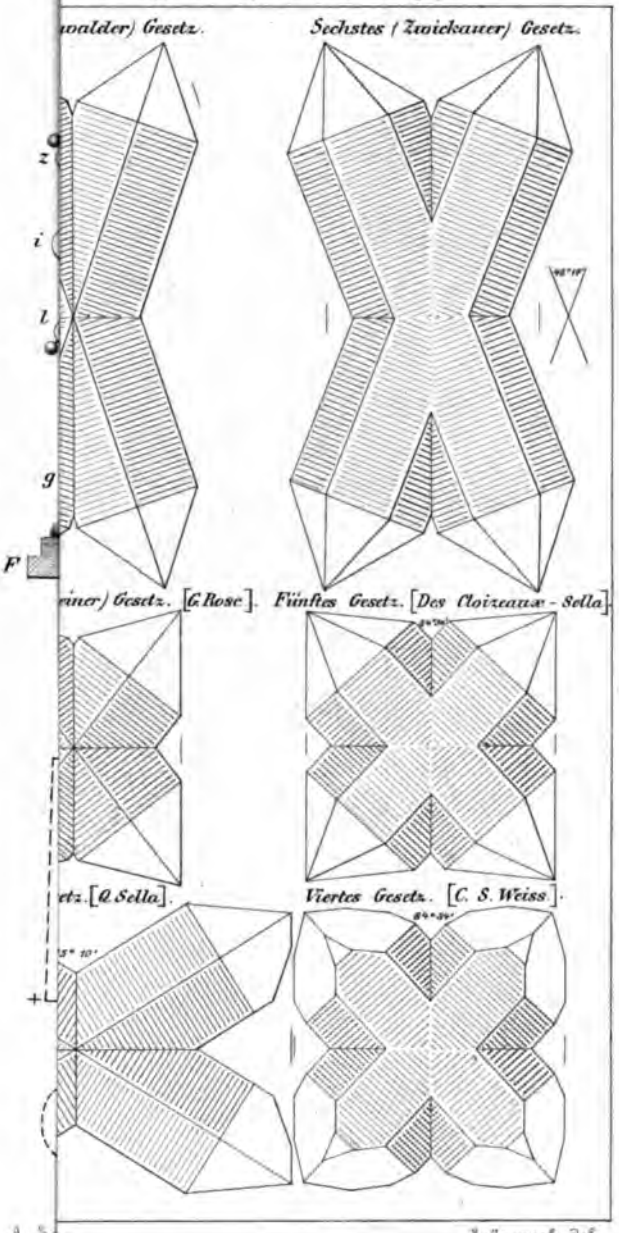
	(AB)	(AB')	AB berechnet
Rothes Glas	104° 58′	126° 58′	83° 6′
Natrium-Flamme	106 58	124 35	84 28
Grünes Glas	111 31	120 8	87 18

Diese Untersuchung wurde im physikalischen Cabinete der Wiener Universität ausgeführt.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.


8.
A
M
M₂
S
M₁
Q₂
Q
N
P
4.
L
m
I
t
O
M
λ
II
b''
b'
b
a
μ
a''
a'
N''
13.
B
C
i₁
i₂
P₂
S
Q₂
P₁
P
P₃
O
i
A
M₁
M
R
9.
i
f
φ
J
F
M
C
m
Q
i
P
a
M₁
A
P₁
Q₁
M
c
φ₁
P
φ
L
Q
b
P

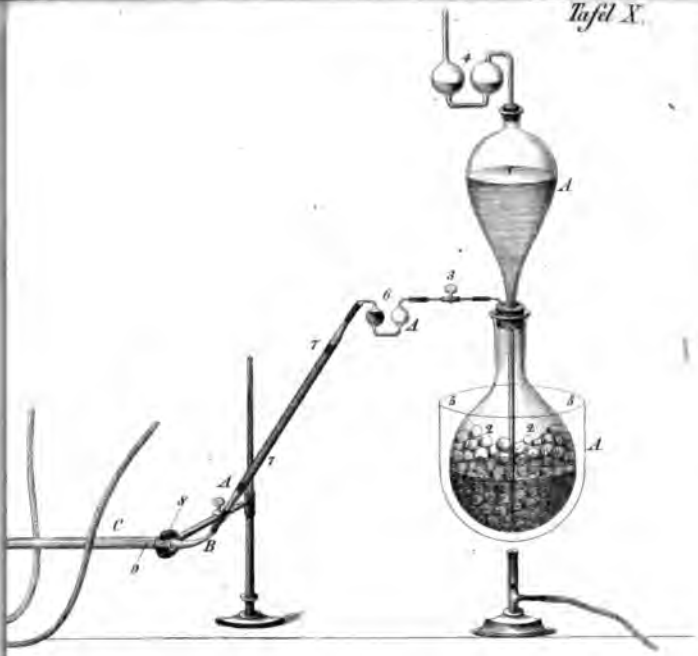
n der am Quarze vorkommenden Gesetze regel-
rwachsung mit gekreuzten Hauptaxen.



A. Sc

S. Jenzsch del.

Tafel X.



ad Fig. 1.

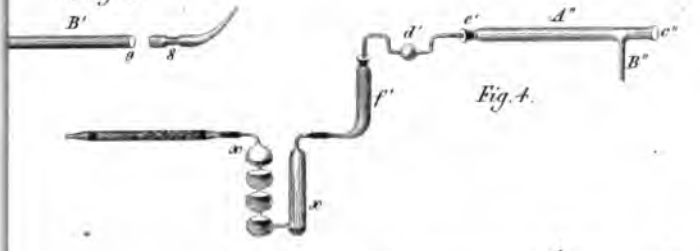
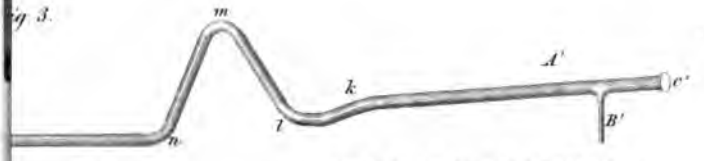
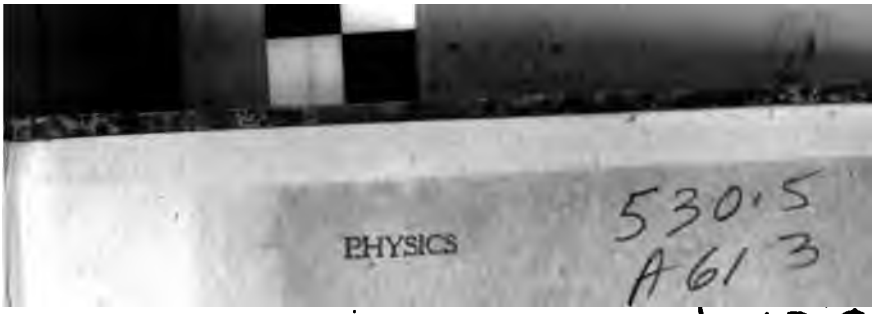


Fig. 4.

ig. 3.





530.5
A61 3
V.130
1861